



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Estudio de viabilidad socioeconómica de medidas de reducción de la congestión: análisis de las ciudades de Santander y Bilbao.

Socio-economic feasibility study of congestion reduction measures: analysis of the cities of Santander and Bilbao.

Trabajo realizado por:

Laura Belarra Pacheco

Dirigido:

Saúl Torres

Titulación:

Grado en Ingeniería Civil

Mención:

Transporte y Servicios Urbanos

Santander, septiembre de 2019

TRABAJO FINAL DE GRADO



1. ÍNDICE

1. Introducción	7
1.1. Objetivos del Trabajo Expuesto	11
2. Estado del Arte	12
2.1. ¿Qué es la Congestión del Tráfico?	12
2.1.1. Formas de medir la Congestión del Tráfico	12
2.1.2. Objetivos del Control del Tráfico	13
2.2. Soluciones derivadas del estudio de la Congestión del Tráfico	14
2.2.1. Métodos utilizados	14
2.2.1.1. Límites Variables de Velocidad	15
2.2.1.2. Zonas Delimitadas al Tráfico	15
2.2.1.3. Zonas Restringidas al Tráfico	15
2.2.1.4. Park&Ride	16
2.2.1.5. Cobro electrónico de Peajes	16
2.2.2. Casos exitosos de países con medidas (soluciones) anti-congestión	17
3. Metodología	20
3.1. Recopilación de Información/Datos	20
3.2. Análisis de las Mediciones	21
3.3. Monetización	22
3.4. Búsqueda de medidas	22
3.5. Estimación Costes/Ingresos de la Implementación	22
3.6. Análisis Coste/Beneficio y Rentabilidad del Proyecto (VAN)	23
4. Casos de estudio	23
4.1. Cantabria – Santander	23
4.1.1. Habitantes	24
4.1.2. Economía	25
4.1.3. Estudio del Tráfico	25
4.1.4. Monetización del tiempo ‘perdido’ en atascos	32
4.2. Vizcaya – Bilbao	33
4.2.1. Habitantes	33
4.2.2. Economía	34
4.2.3. Estudio del Tráfico	35
4.2.4. Monetización del tiempo ‘Perdido’ en atascos	42
5. Planteamiento de medidas	44
5.1. Descripción y Aplicación de las Medidas	44
5.1.1. Park&Ride (Aparcamientos Disuasorios)	44
5.1.1.1. Park&Ride en Santander	46
5.1.1.2. Park&Ride en Bilbao	50
5.1.2. Sendas Ciclables	50
5.1.2.1. Sendas Ciclables en Santander	51
5.1.2.2. Sendas Ciclables en Bilbao	51
5.1.3. Reforzar la flota para el Transporte Público	56
5.1.4. Campaña Transporte Público/Aparcamientos Disuasorios	56
5.1.4.1. Campaña Transporte Público en Santander	56
5.1.4.2. Campaña Transporte Público en Bilbao	56



5.1.5.	Zonas Delimitadas al Tráfico (ZDT y Peajes Automáticos)	57
5.1.5.1.	Peajes Automáticos en Santander	58
5.1.5.2.	Zonas Delimitadas al Tráfico en Santander	60
5.1.5.1.	Peajes Automáticos en Bilbao	61
5.1.5.2.	Zonas Delimitadas al Tráfico en Bilbao	63
5.1.6.	Creación de Carril-Bus	64
5.1.7.	Construcción Línea de Metro hasta Galdacano	64
6.	Rentabilidad de las medidas escogidas	65
6.1.	Medidas comunes	65
6.1.1.	Campaña Transporte Público/Aparcamientos Disuasorios	65
6.2.	Santander	65
6.2.1.	Park&Ride	65
6.2.2.	Sistema de Peajes Automáticos	68
6.2.3.	Zona Delimitada al Tráfico	69
6.3.	Bilbao	70
6.3.1.	Sendas Ciclables	70
6.3.2.	Sistema de Peajes Automáticos	71
6.3.3.	Zona Delimitada al Tráfico	72
7.	Conclusiones	73
8.	Bibliografía	74
8.1.	CAPÍTULO 1	74
8.2.	CAPÍTULO 2	74
8.3.	CAPÍTULO 4	75
8.4.	CAPÍTULO 5	75
8.5.	CAPITULO 6	75



Resumen en español:

El presente trabajo estudia detalladamente la situación de congestión vial que ocurre durante las horas punta en las entradas de las ciudades de **Santander y Bilbao**. Este trabajo propone una serie de ideas para que el cambio de vehículo privado a público/bicicleta/patinete sea más viable. El principal objetivo del mismo es enfatizar en la necesidad de planear un **entramado vial sostenible**, enfocado en la **seguridad de los ciudadanos** y en la **mejora de la calidad de vida** de los mismos mediante los beneficios derivados de este nuevo sistema (menos contaminación medioambiental o acústica, menos peligro para los grupos más desfavorecidos...).

La metodología consiste en analizar (mediante la herramienta Google Maps) el tiempo que se tarda en llegar a ambas ciudades en una situación normalizada – con la capacidad de estudio de la infraestructura vial – y en una situación de exceso de vehículos. Para ello, se procede a calcular un número base orientativo que es el que se tardaría en llegar a destino en una situación normal y, por otro lado, el mayor tiempo que se tardaría en hacer el par Origen-Destino correspondiente; con la resta se obtendría el tiempo perdido en atascos en cada trayecto.

Comparando estos resultados se delibera si existe, o no, situación de congestión vial en esas carreteras y si se necesita disuadir el exceso de tráfico.

Posteriormente, se detallarán una serie de medidas obtenidas de otros ejemplos exitosos como:

- El sistema de Peajes Automáticos de Singapur (ERP).
- La existencia de Aparcamientos Disuasorios en Oxford.
- El plan de las Bike-Friendly Cities como Copenhague, Londres o Ámsterdam.

Para ambas ciudades se detallará el planeamiento actual y futuro (documentación oficial de los ayuntamientos) y se examinará la necesidad de añadir nuevas medidas de transporte vinculadas a las ya existentes.

Para el caso de Santander se obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto a congestión, aumentando en casos muy puntuales. Para la solución de este problema se decide construir un **Aparcamiento Disuasorio** (Park&Ride) con el que paliar el exceso de vehículos que entran a la ciudad por la calle Marqués de la Hermida; se detallarán diferentes planes que conecten el aparcamiento con **Sendas Ciclables** - o con **Transporte Público** – para poder acceder a cualquier punto de la ciudad sin necesidad de utilizar vehículo privado.

En el caso de la ciudad de Bilbao la congestión es más notoria, aumentando el tiempo de viaje hasta el doble para trayectos como Portugalete-Bilbao. La construcción de la nueva línea de metro y la existencia de diferentes aparcamientos disuasorios intenta resolver este problema. Por otro lado, se ha detectado una falta de **Planeamiento Ciclista** que se intentará solucionar determinando los flujos de movimiento más realizados por los ciudadanos considerando la construcción de diferentes líneas con las que entamar toda la ciudad.



Para ambas ciudades se plantea la idea de poder instalar una serie de **Peajes Automáticos** que delimitarán la ciudad y podrán cobrar por vehículo que atravesase sus escáneres, intentando así imitar a otras ciudades que ya consideraron la idea y consiguieron disminuir el tráfico innecesario en la ciudad hasta un 40%. Así mismo, se sugiere la idea de construir **Carril-Bus/Bicicleta/Moto** a lo largo de las avenidas principales o la de instaurar una **Campaña Publicitaria** que explicaría los beneficios tanto monetarios, como para la salud, de apartar el vehículo propio.

De todas las ideas propuestas se creará un presupuesto general y se propondrá un plan de rentabilidad a 25 años que, junto al VAN, devolverá un valor más objetivo de la **rentabilidad económica del proyecto**.



English Summary:

This paper is a detailed study of the traffic congestion that occurs during peak hours at the entrances of the cities of Santander and Bilbao. This paper proposes a series of ideas to make the change from private vehicle to public / bicycle / scooter more viable. Its main objective is to emphasize the need to plan a **sustainable road network**, focused on the **safety of citizens** and the improvement of their **quality of life** through the benefits derived from this new system (less environmental or noise pollution, safer planning for the most disadvantaged groups...)

The methodology consists in analysing (using the Google Maps tool) the time it takes to reach both cities in a standardized situation - with the basic capacity of the road - and in a situation of more vehicles. To do this, an indicative base number is calculated, which is what it would take to reach the destination in a normal situation and, on the other hand, the longest time it would take to make the corresponding Origin-Destination pair; the time lost in traffic jams on each path would be obtained subtracting one from another.

Comparing these results, it is deliberated whether or not there is a road congestion situation on these roads and if it is necessary to deter excess traffic.

Subsequently, a series of measures will be chose obtained from other successful examples such as:

- The Singapore's Electronic Road Pricing (ERP).
- The Oxford's Park&Ride successful cases.
- The Bike-Friendly Cities plan like Copenhagen, London or Amsterdam.

For both cities, the current and future planning will be detailed (obtained from official documentation of the regions) and the need to add new transport measures linked to the existing ones will be examined.

In the case of Santander, satisfactory results were obtained in terms of congestion, increasing in very specific cases. Trying to solve this, it was decided to build a Park&Ride parking with which to mitigate the excess of vehicles that enter the city through Marqués de la Hermida; different plans that connect the parking with **Cyclable Paths** - or with **Public Transportation** - will be detailed to access any point of the city without using a private vehicle.

In the case of Bilbao, congestion is more noticeable, increasing travel time up to the double for routes such as Portugalete-Bilbao. The construction of the new metro line and the existence of different car parks try to solve this problem. On the other hand, a lack of **Cycling Planning** has been detected, which will be attempted to solve by determining the movement flows most carried out by citizens considering the construction of different lines to have access to the entire city.

For both cities, arises the idea of installing a series of **Automatic Tolls** that will delimit the city and may charge per vehicle that crosses their scanners – It will try to imitate other cities that already considered the system and managed to reduce unnecessary



traffic in the city up to 40%. Likewise, the idea of building **Bus/Bicycle/Motorbike Lanes** along the main avenues or establishing a **Marketing Campaign** that would explain both, the monetary and health benefits of walk or cycle to work, they are both studied.

From all the ideas proposed, a general budget will be created and a 25-year profitability plan will be proposed that, added to the NPV, will return a more objective value of the **economic profitability of the project**.

1. Introducción

La población en las ciudades está creciendo y uno de los datos más relevantes es el que anuncia que la población que vivía en las ciudades en el año 2000 superaba por primera vez en la historia a la población rural (www.elordenmundial.com, 2018). En la actualidad existen 28 ciudades con más de 10 millones de habitantes (llamadas megalópolis) y se calcula que ascenderán a más de 40 para el 2030. El crecimiento es rápido, no solo por la propia natalidad en las ciudades, si no por las personas que deciden desplazarse a la ciudad en busca de más oportunidades, académicas, laborales o por simple exigencia (enfermedad, trabajo, estabilidad...).

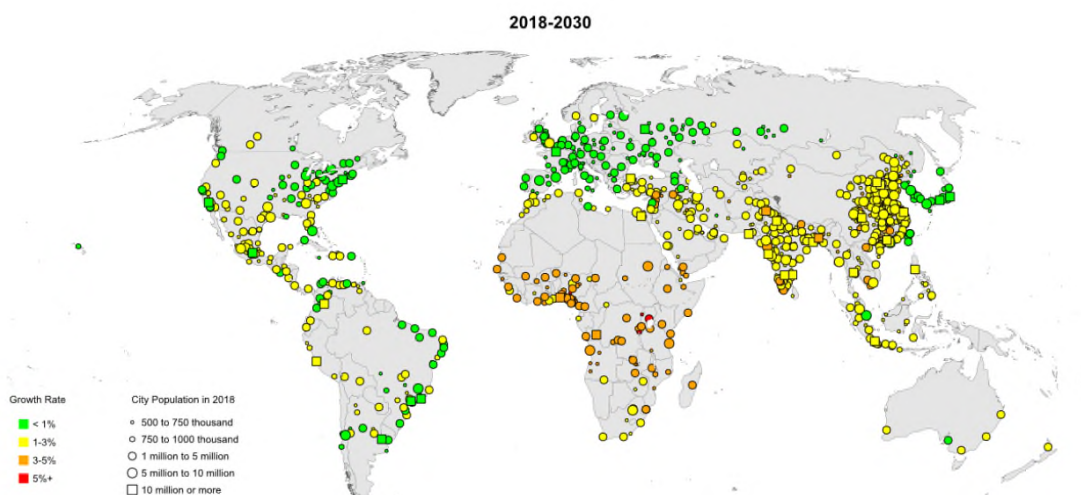
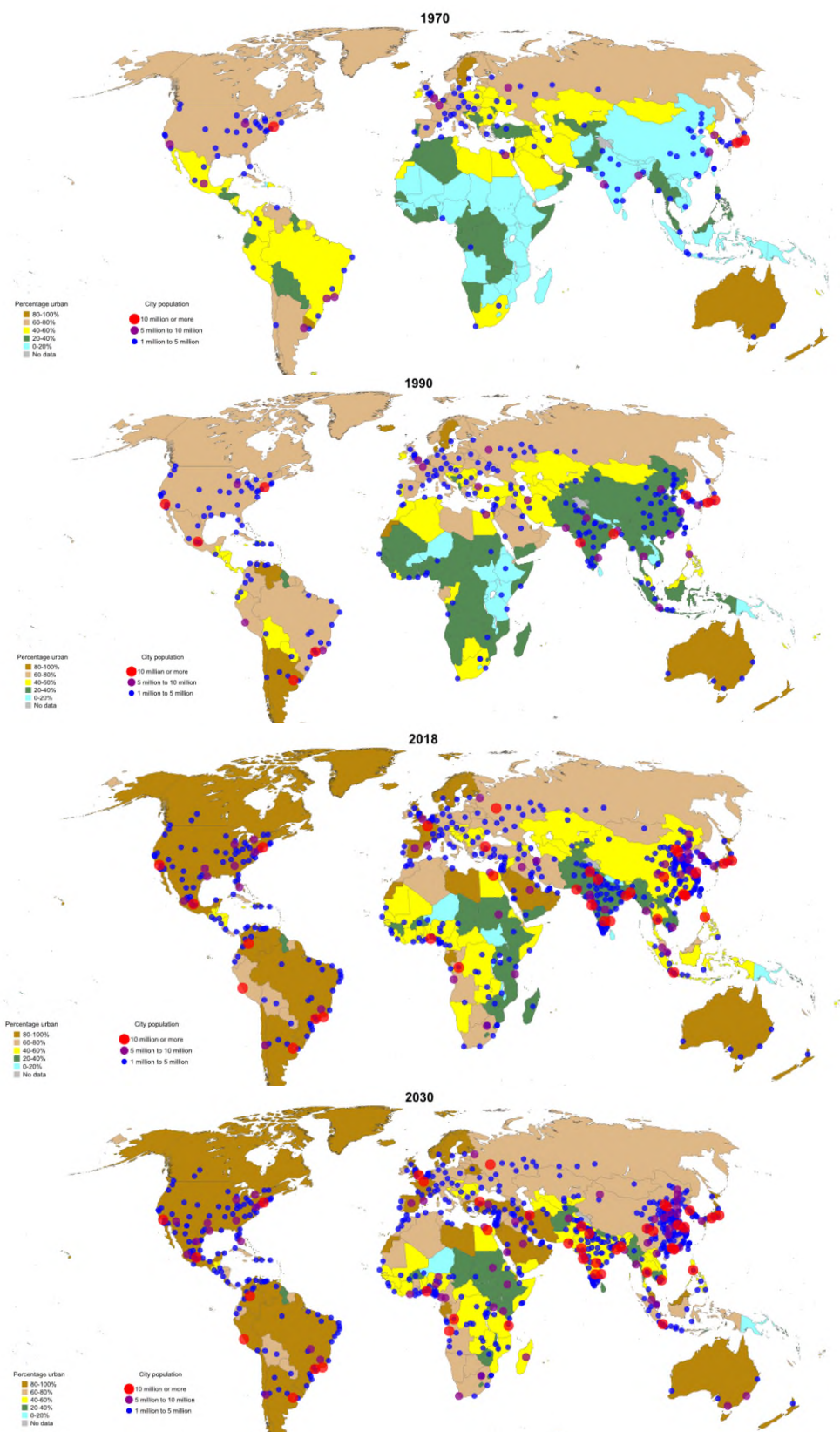


Ilustración 1-1. Crecimiento de las ciudades. (FUENTE: <https://population.un.org/wup/Maps/>)

Estos datos están corroborados por la Organización de las Naciones Unidas; la ilustración 1-1 muestra la ratio de crecimiento urbano en el mundo calculados para un periodo de 12 años (del 2018 al 2030). Se puede observar un patrón claro:

- Las ciudades en África crecen entre el 3% y el 5% anual. El continente africano se sitúa en primera posición respecto a los demás; el crecimiento de sus ciudades es rápido y concentrado; las ciudades más cercanas a la costa oeste (Golfo de Guinea) son las que experimentan mayor crecimiento. Ciudades más dispersas por el interior también se ven reflejadas.
- Las ciudades del continente asiático lo hacen del 1% al 5%. Este crecimiento se suma al gran tamaño que actualmente tienen ciertas ciudades. India, China y Nigeria concentrarán en sus ciudades alrededor del 35% de la población mundial en un futuro. [1] En la ilustración se puede observar como la mayoría de las grandes ciudades (más de 10 millones de habitantes y representadas con un cuadrado) se concentran en Asia.
- En América la situación está más dispersa, pero el crecimiento es constante entre el 0% y el 3%.
- Las situaciones más favorecedoras para la población rural se ven en Europa, donde el crecimiento urbano es menor del 1%.



En esta sucesión de ilustraciones extraídas de la página de la Organización de las Naciones Unidas (<https://population.un.org/wup/Maps/>) se puede observar el aumento de países cuya población urbana es del 80 al 100% (color marrón oscuro) y de las ciudades de más de 10 millones de habitantes (puntos rojos).

Con esto se plantea una gran duda que introduce a un gran problema: *¿están las ciudades preparadas para esta superpoblación?*

Derivados de esta situación aparecen grandes problemas que se tienen que predecir e intentar solucionar de forma inminente. La calidad de vida de las personas no puede empeorar por el hecho de convivir todas juntas en un mismo espacio urbano. La sostenibilidad, el poder vivir con los mismos recursos y comodidades se ha convertido en el principal objetivo.

En la actualidad existen diferentes términos o campos de estudio creados y enfocados para minimizar el impacto de la descentralización poblacional. Algunos ejemplos con distintos y muy dispares objetivos se han ido consolidando de unos años atrás hasta ahora.

- **Crecimiento vertical:** Ser capaces de agrupar a grandes cantidades de personas en el mínimo espacio posible es uno de los objetivos de las megalópolis futuras. Esto crearía una forma más eficiente en el transporte de recursos como el agua, la electricidad, el reparto de alimentos, la recogida de basuras...
- **'Smart cities':** Este concepto engloba todos los procesos y sistemas que ayuden a gestionar toda la información perteneciente a las ciudades y sus habitantes. Lugares cómodos para vivir, prioridad al peatón, fomento del ciclista, eficiencia o sostenibilidad crean el sello de una smart city.
- **Desarrollo sostenible:** Englobando todos los términos acuñados a una forma de crecimiento igualitario para todas las generaciones, aparece el término 'desarrollo sostenible' que pretende recoger todos los términos anteriores que ayuden a mantener los privilegios actuales a las generaciones del futuro.

Un aspecto muy importante, y en el que se enfoca este estudio, es el *transporte sostenible*. A medida que esta situación de súper-desarrollo urbano aumenta, las necesidades del transporte crecen con ella. No se pueden crear infraestructuras del transporte como autovías o carreteras que conecten aún más las ciudades y las descentralicen, de hecho, el camino que se está tomando es el contrario. Imágenes como la autovía del Juez Harry Pregerson en California están destinadas a desaparecer. contaminación de los automóviles y los accidentes de tráfico promueven estas medidas, como intentar que todo el transporte sea subterráneo (o aéreo de forma más futurística) y más controlado.



Ilustración 1-2. Intercambiador Juez Harry Pergerson

Numerosos han sido los urbanistas, planificadores, arquitectos, ingenieros, e incluso pintores, que han dado su propia visión de la ciudad ideal. En la actualidad, la figura del urbanista está tomando mucha importancia, siendo el guía de creación de estas Smart Cities que crean espacios sostenibles y eficientes en los que vivir.



Ilustración 1-3. High Line en Nueva York. Antigua infraestructura de Ferrocarril.

Sobre todo, se intenta que el protagonista en la ciudad sea el habitante de la misma. Antiguas obsoletas infraestructuras se convierten en parques y zonas verdes, este es el principal rumbo urbanístico que están tomando las ciudades.

En cambio, actualmente, el problema en el transporte es real. Las ciudades se congestionan cada vez más y más y, a veces, las soluciones estudiadas no consiguen aliviar el tráfico. La situación como la vista en la Ilustración 1-4 es cada vez más común en las ciudades y las medidas para mitigarla no parecen mostrar resultados.



Ilustración 1-4. Atasco en una autovía de Pekín (China)



El hecho de que el tamaño, la longitud y duración de las congestiones sea cada vez mayor, hace que la implementación de medidas para su correcto funcionamiento sea vital. El imponerlas sin pensar en el futuro es uno de los principales problemas; las principales medidas actuales son estáticas (respecto al tiempo) y lo necesario es crear *sistemas dinámicos del control del tráfico* (Smart Cities).

Estas medidas deben estudiarse continuamente y al detalle, siendo las principales responsables del descongestionamiento de las ciudades.

1.1. Objetivos del Trabajo Expuesto

Se podrían enumerar los outputs del proyecto en base a los objetivos que se persiguen con el estudio del mismo. El principal 'problema' a solucionar sería:

- ✓ **Reducción del tráfico en zonas críticas.** Subsecuentemente se *reducirían los tiempos de viaje y descendería la contaminación* en las áreas con más volumen de vehículos. Se podrían incluir también como objetivos, pero, al estar anidados, se engloban en uno solo.

Para la persecución de este objetivo se deberán escoger una serie de medidas de control del tráfico, basadas en las lecciones extraídas de otros países que ya han incorporado diferentes métodos y que se desarrollarán en el Estado del Arte. Algunos ejemplos pueden ser: los sistemas de aparcamiento disuasorios (Park&Ride), mejora en la red de sendas ciclistas, o el peaje impuesto por el paso a determinadas zonas sobrepuestas al tráfico.



2. Estado del Arte

En este apartado se explicará qué es la Congestión del Tráfico, cómo estudiarla mediante medidas de control del tráfico y los objetivos de las mismas. Posteriormente se relatarán ciertas soluciones para paliar los efectos de la congestión del tráfico y se enumerarán ciertos casos exitosos que han implantado algunas de estas medidas.

2.1. ¿Qué es la Congestión del Tráfico?

Numerosos son los autores que han intentado dar una definición clara y objetiva de lo que es la congestión del tráfico. Principalmente existen tres formas de definir este término, desde tres puntos de vista diferentes:

- Relacionado con la Capacidad De Las Carreteras y la Demanda – En este caso se ha escogido la definición que da el Instituto de Ingenieros Civiles de Reino Unido: *“Congestión es la situación que aparece cuando más gente de la que soporta el sistema de transporte desea viajar a la misma vez, es un simple caso de la demanda sobrepasando a la oferta”*.
- Relacionados con un Tiempo Excesivo de Viaje – Para este caso se ha escogido la definición de Downs, 2004: *“la congestión se puede definir como el problema que aparece cuando el tráfico se mueve a velocidades más bajas que las normalizadas para esa línea”*.
- Por último, el relacionado con el Coste: Victoria Transport Policy Institute (Australia, 2005) propone esta definición: *“La Congestión del tráfico se refiere a los costes incrementales resultado de las interferencias entre los usuarios de la red.”*

2.1.1. Formas de medir la Congestión del Tráfico

Para poder controlar estas situaciones se diseñan las llamadas *Medidas de Congestión*. Estas deben tener cierta similitud y estar coordinadas entre sí para una mayor eficiencia de la red. Turner (1992) examinó los indicadores de congestión que existían y definió tres cualidades que deberían tener:

- ✓ Deberían poder utilizarse en sistemas con niveles parecidos de congestión y ser igualmente útiles.
- ✓ Deberían reflejar exactamente la calidad del servicio en cada momento.
- ✓ Deberían ser simples, estar bien definidas y ser fácilmente entendibles e interpretadas por los usuarios.

También puntualiza que el contexto deberá ser detalladamente estudiado para poder escoger con precisión las diferentes medidas a adoptar las cuales se pueden categorizar en cuatro grandes grupos:

- **Medidas Básicas:** relacionadas con el tiempo extra gastado en un mismo trayecto que podría ser recorrido en un menor tiempo. Diferentes autores



utilizan diversos umbrales/límites que relacionan el volumen de usuarios con la capacidad de la red para estimar la cantidad de usuarios deseables y otros utilizan valores de velocidad medios en carreteras similares para determinar la congestión.

- **Ratio:** Estas medidas de la congestión son calculadas dividiendo el tiempo de trayecto por el normal. Existen tres tipos principalmente: la tasa de retraso, la ratio relativa de retraso y la ratio de retraso.
- **Niveles de Servicio (LOS):** Definidos en el manual de capacidad de carreteras (Roess et al, 1985) representa un rango de condiciones de operabilidad de la red. Es el más usado y utiliza valores de flujo del tráfico para determinar la congestión; algunos ejemplos son: Densidad de Vehículos, Ratio Volumen-Capacidad, Velocidad Media y retraso de Intersección dependiendo del tipo de instalación. La ventaja de este método es que engloba los dos anteriores añadiendo más información al estudio y es comprensible para la mayoría de los usuarios. En cambio, se relatan también ciertas debilidades como que no es posible dar un valor continuo de congestión o que solo funciona en ubicaciones específicas.
- **Índices:** Trata de incorporar diferentes índices a una misma ecuación que estudia el tráfico para producir una simple medida. Numerosas son las organizaciones que han creado sus propios índices y han personalizado la ecuación. De todas formas, existen debilidades en estas medidas como que este índice solo sirve para una ruta específica de viaje y que no puede ser aplicado a una zona urbana al completo.

Habiendo definido estos cuatro tipos de medidas, se escogerá el primero ('Medidas Básicas') para la resolución de este estudio, posteriormente, se decidirá si la ciudad tiene problemas de congestión y, si es así, se buscarán soluciones al mismo.

2.1.2. Objetivos del Control del Tráfico

Es obvio que los objetivos para el control del tráfico varíen entre el diseñador de la red de tráfico y el usuario. El punto de vista que se detalla a continuación trata de entrelazar ambos objetivos y crear un sistema conjunto con las siguientes características:

- **Eficiencia:** Esta cualidad la comparten ambos implicados. De todas formas, los problemas pueden aparecer cuando el usuario quiera minimizar el tiempo que gasta en su trayecto y el hecho de que el diseñador de la red quiera minimizar la congestión de forma global en la ciudad/área (puede que el viajero solo utilice uno de los tramos de la red y de forma individual pueda aligerarse más, en cambio, de forma global, no).
- **Nivel suficiente de seguridad:** Siempre se tiene que tener en cuenta esta imprescindible condición; un sistema de control del tráfico jamás puede poner en peligro la seguridad de los viajeros. A veces, esta cualidad puede limitar el proyecto, pero es muy importante. De todas formas, estas dos características están muy relacionadas ya que, por ejemplo, en Holanda, el 25% de los atascos

se crearon por accidentes de tráfico, esto quiere decir que si se controlan las congestiones los accidentes se reducirán y, por tanto, la seguridad de los usuarios. La baja densidad de tráfico y la adecuada velocidad influyen positivamente en la seguridad.

- **Confiabilidad en la red:** Aunque las congestiones no siempre se pueden predecir es importante para los usuarios poder saber con antelación el tiempo que gastarán en el trayecto diario y cuándo pueden salir y cuándo llegarán a su destino.
- **Bajo consumo de carburante, lo que reduce la contaminación del aire y el nivel de ruido:** En áreas urbanas estas características pueden ser más importantes que la eficiencia de la red. La ONU estima una media de 1,3 millones de muertes anuales debidas a la contaminación ambiental, agravada por las congestiones y exceso de vehículos en las carreteras.

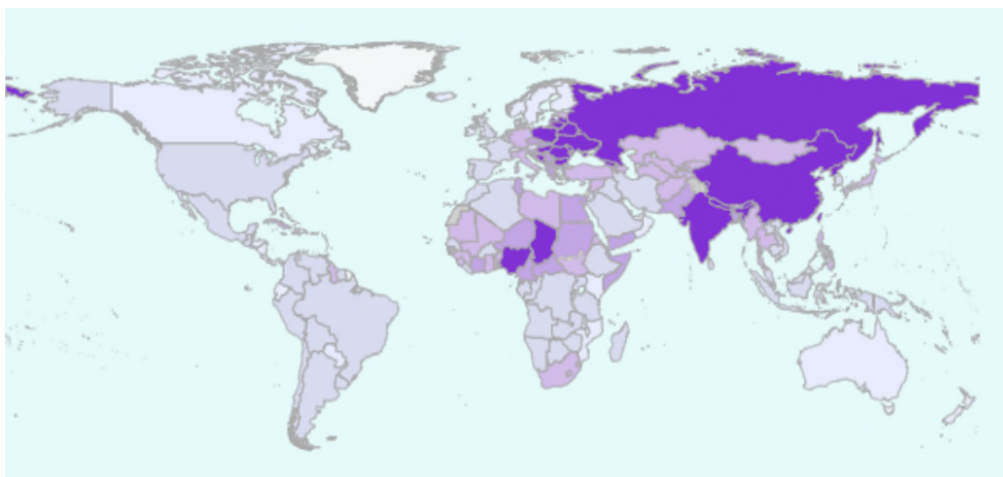


Ilustración 2-1 Países con más contaminación atmosférica. (FUENTE: https://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/burden/en/)

2.2. Soluciones derivadas del estudio de la Congestión del Tráfico

Después de estudiar la congestión del tráfico y las medidas que sirven para cuantificar esa congestión comienza un trabajo más detallado. Primeramente, se debe hacer una investigación profunda sobre dónde, cuándo y por qué ocurren estas congestiones para poder analizar las diferentes soluciones que se exponen.

2.2.1. Métodos utilizados

Como bien se aclaró en la introducción, estas congestiones están motivadas por algo, principalmente, las personas que se desplazan a la ciudad a comprar, trabajar o pasar tiempo de ocio. Para reducir el número de personas que viajan a la ciudad se deben estudiar diferentes métodos; determinadas prohibiciones de entrada a las ciudades son los métodos más utilizados, aunque también existen otros que se intentan definir en este apartado junto a sus ventajas y desventajas.



2.2.1.1. Límites Variables de Velocidad

Esta medida fue introducida en Alemania a principios de los años 70 y, actualmente, es comúnmente usada. Variable Speed Limits (VSL) es una estratégica y avanzada medida de control del tráfico y su popularidad es mundial. Su uso más común es el de aumentar la seguridad en la red y numerosos estudios demuestran que la siniestralidad en sus carreteras desciende desde un 20 hasta un 30%. (Sisiopiku, 2001, Lee et al., 2006, Soriguera et al., 2013). Además, en lugares donde la reducción del tráfico está obligada, se experimentan bajadas en emisiones contaminantes y reducciones en el consumo de carburante del 4 al 6%. (Stoelhorst, 2008, Baldasano et al., 2010, Cascetta et al., 2010, Soriguera et al., 2013).

Enfocando esta medida a este estudio se puede decir que una disminución en las velocidades de ciertas carreteras puede aumentar la capacidad de la línea y reducir así la congestión. Se ha observado que reducir la velocidad de 120-110 km/h a 70-80km/h mejora la seguridad en la red (menor posibilidad de colapso) y, consecuentemente, elimina la reducción de capacidad que ello conlleva (hasta un 20%) (Cassidy and Rudjanakanoknad, 2005).

2.2.1.2. Zonas Delimitadas al Tráfico

Esta es una de las soluciones más adoptadas por los países europeos, de hecho, casi todas las ciudades de Europa tienen este método implementado. Simplemente consiste en señalar una zona con un tráfico controlado. Este control se puede hacer diferenciando vehículos con ciertas características (como en Alemania) o por franjas horarias (como el caso de Londres). Estas zonas pueden ser libres de cargo o no, dependiendo de la política adoptada.

2.2.1.3. Zonas Restringidas al Tráfico

Una medida derivada de la anterior convierte en las zonas delimitadas al tráfico en zonas completamente libres del mismo. Precisamente una de las ciudades pioneras en instaurar este método se encuentra en Galicia, Pontevedra. Otros casos como Venecia, o las islas de Mackinac (USA) y Paquetá (Brasil), tampoco autorizan los vehículos en sus ciudades.

Esta medida hace protagonista al peatón, pudiendo diseñar una red de transporte público más amplia y homogénea, con la que poder acceder a cualquier punto de la ciudad sin necesidad de atascar la misma con los vehículos privados. La seguridad para los habitantes aumenta, tanto física (menos accidentes), como psicológica (estrés, ansiedad, desconexión con los vecinos...).

Ciudades como Nueva York, México DC, Madrid o París comienzan a peatonalizar grandes calles y avenidas en beneficio del ciudadano y los turistas que se desplazan a pie por la ciudad.

2.2.1.4. Park&Ride

Esta medida consiste en la construcción de aparcamientos disuasorios en las zonas delimitadoras de la ciudad. Incluyen acceso directo al centro urbano, siendo diseñados principalmente para los trabajadores o personas que tengan que acceder al mismo diariamente. Mediante conexiones intermodales (metro, autobús, tranvía, etc.) el acceso es rápido y puede ser más económico para estas personas (ayuda/reducción de la tarifa por utilizar esas estaciones, como en el caso de Bilbao).

Las ventajas de estos sistemas son múltiples, todos ellos derivados de la descongestión de las principales arterias de la ciudad; reducción de coches, reducción de accidentes, aumento de la seguridad para los ciudadanos, mejores conexiones para los peatones, reducción en la contaminación...



Ilustración 2-2. Diseño de aparcamiento + conexión transporte público en Minnessota, USA. (FUENTE: <http://www.haydobbs.com/transit/>)

2.2.1.5. Cobro electrónico de Peajes

Como en el caso de Singapur con el ERC (Electronic Road Charge) este sistema consiste en cobrar al usuario automáticamente un peaje (independientemente de las características del vehículo) sin necesidad de hacer una transacción física y congestionar la red. Toda persona que desee entrar al centro de la ciudad, o la zona correspondiente, deberá pagar una cuota. Este pago se realizará mediante un emisor en el parabrisas que leerá un pórtico con radares instalados en las carreteras.



Ilustración 2-3. Peaje automático en carretera de USA (FUENTE: https://www.raytheon.com/news/feature/electronic_tolling)

2.2.2. Casos exitosos de países con medidas (soluciones) anti-congestión

Son cada vez más los países que acuden a esta clase de medidas (peajes, control por combustible, control de cantidad...) para reducir la cantidad de vehículos que entran a una determinada zona donde la contaminación es un grave problema. En Europa esto se lleva a cabo en numerosas ciudades. Existen diversos casos ejemplares como:

- **Suecia:** fue la pionera en crear una zona delimitada al tráfico en 1996 aunque desde 2007 se paga por entrar al centro de la ciudad. Todos los vehículos, sin excepción, pagarán hasta 6€ por atravesar unos peajes automáticos que leen la matrícula del vehículo. Esta medida pretende reducir el número de coches que entran al centro de la ciudad y reducir así, la contaminación, tanto del aire como acústica. El Impuesto de Congestión de Estocolmo se utiliza para la construcción de nuevas vías.



Ilustración 2-4. Peajes automáticos en la entrada de la ciudad.

- **Grecia:** desde 1982 se restringe el acceso al centro metropolitano de la ciudad de Atenas de lunes a viernes en forma alternada para los coches de matrícula par e impar con el objetivo de reducir la contaminación y proteger el patrimonio histórico. Solo los autobuses, taxis, coches extranjeros o de alquiler pueden circular libremente por el Dactylios.
- **Alemania:** desde 2008 se requiere tener una pegatina que mide el grado de contaminación que emite el vehículo. Con ella se puede prohibir la entrada, e incluso multar (tanto monetariamente como con retirada de puntos), a aquellos vehículos que entren en determinadas zonas del país denominadas Umweltzone (Zona medioambiental); en el caso de Berlín los barrios afectados son: Mitte, Charlottenburg, Friedrichshain y Kreuzberg.



Ilustración 2-5. Aspecto pegatinas de emisión para los vehículos.

- **Italia:** como Grecia, su principal objetivo es el de proteger el patrimonio histórico creando una Zona de Tráfico Limitado (ZTL) que solo permite a los residentes y personas con permisos especiales acceder a ella. En muchos casos se utiliza un sistema de cámaras que multa a aquellos vehículos que no cumplen la ley.
- **Reino Unido:** la 'Congestion Charge Zone (CCZ)' es una zona delimitada por la 'Inner Ring Road' de Londres que efectúa un cobro estándar de once libras a aquellos vehículos que no cumplan unos requisitos especiales de 7:00h a 18:00h entre semana.

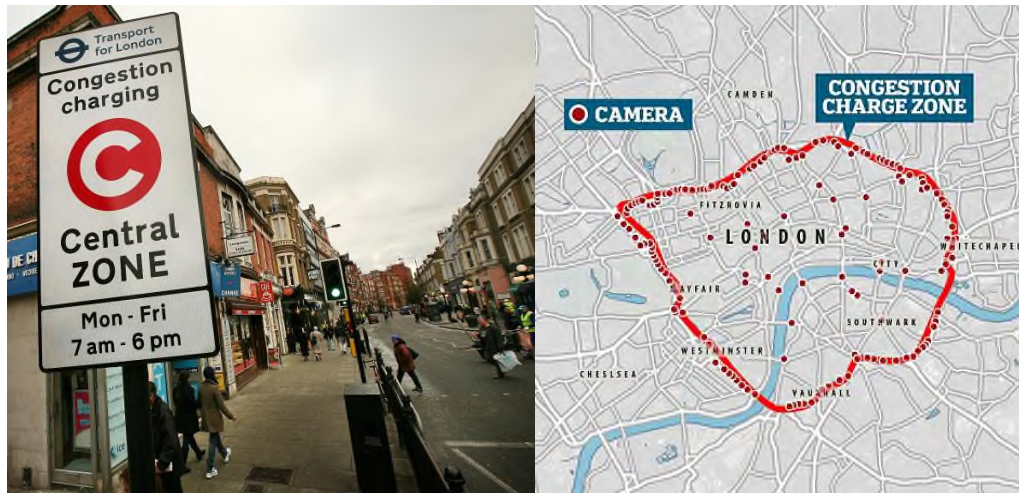


Ilustración 2-6. Zona de pago en Londres.

Además de estos ejemplos que se pueden ver en Europa, en países con una media de habitantes mayor que los países del viejo continente, también han tenido que implementar ciertas medidas de control; uno de los ejemplos más satisfactorios, y al que los demás países intentan simular, es el caso de **Singapur**, que comenzó a cobrar por entrar al centro de la ciudad en 1975 y redujo la contaminación y los accidentes respecto a años anteriores.



Ilustración 2-7. Electronic Road Charges (ERC) situado en una de las entradas del centro de Singapur



Ilustración 2-8. Diseño de Peatonalización de Oxford Street (Londres).

(FUENTE:

https://elpais.com/elpais/2017/11/16/seres_urbanos/1510830768_950543.html)

Aunque no en todos los casos las medidas suponen un gasto para el usuario, la tendencia es que así sea. De hecho, en Europa, la idea de usar la bicicleta o compartir el vehículo era más atractiva que la de cobrar por entrar a determinadas zonas congestionadas. La verdad es que la contaminación sigue avanzando y a medida que usamos más el vehículo privado la polución no va a descender, por lo tanto, necesitamos una solución más óptima.

No solo existen medidas de cobro para controlar la congestión, el simple hecho de retirar espacio urbano destinado a viales para la creación de sendas ciclistas o peatonales hacen que la ciudad se atasque cada vez más. Es necesario aumentar la partida monetaria a otros sistemas de transporte público que den la opción a los ciudadanos de deshacerse del coche sin necesidad de sacrificar mucho más tiempo.

País (Año)	Medida Adoptada
Singapur (1975)	Peajes Automáticos
Grecia (1982)	Zona Delimitada al Tráfico
Suecia (1996)	Zona Delimitada al Tráfico
Alemania (2008)	Zona Delimitada al Tráfico - Pegatinas Emisiones
Reino Unido (2012)	Zona Delimitada al Tráfico
Italia (2018)	Zona Delimitada al Tráfico

Con esta tabla resumen de medidas adoptadas en otros países se puede observar la tendencia primaria que es delimitar una zona al tráfico, Alemania va un paso más allá autorizando o prohibiendo la entrada no solo a las grandes ciudades, si no a otras zonas llamadas 'Zonas no Contaminantes' o 'Zonas Verdes'; la exigencia de utilización de la pegatina verde simboliza el grado más bajo de contaminación del vehículo y el poder entrar a cualquier parte del país.

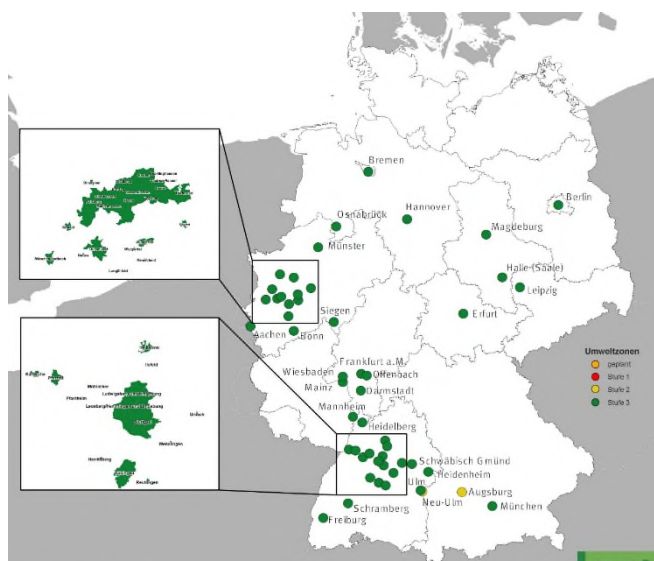


Ilustración 2-9. Umweltzonen en Alemania.

3. Metodología

En este apartado se ha resumido el estudio de forma que se organice en diferentes acciones relacionadas entre sí de la misma forma en la que se ha ido generando el presente documento. Se pretende describir la forma en la que se ha desarrollado el trabajo, la metodología adoptada y los resultados obtenidos de cada apartado creado, así como el análisis de los mismos y las conclusiones derivadas de cada apartado.

El peso del trabajo está repartido equitativamente en las diferentes fases del trabajo; en sí mismas se componen de ‘Recogida Información’ – ‘Selección relacionada con el estudio’ – ‘Organización de la Información’ – ‘Estudio de la Información/Datos generados’ – ‘Análisis de los datos obtenidos’ – ‘Generación de conclusiones’ – ‘Plasmado en el Estudio’.

Para una mayor comprensión de la organización global del estudio se ha generado un esquema que intenta devolver un camino claro de flujo de trabajo.

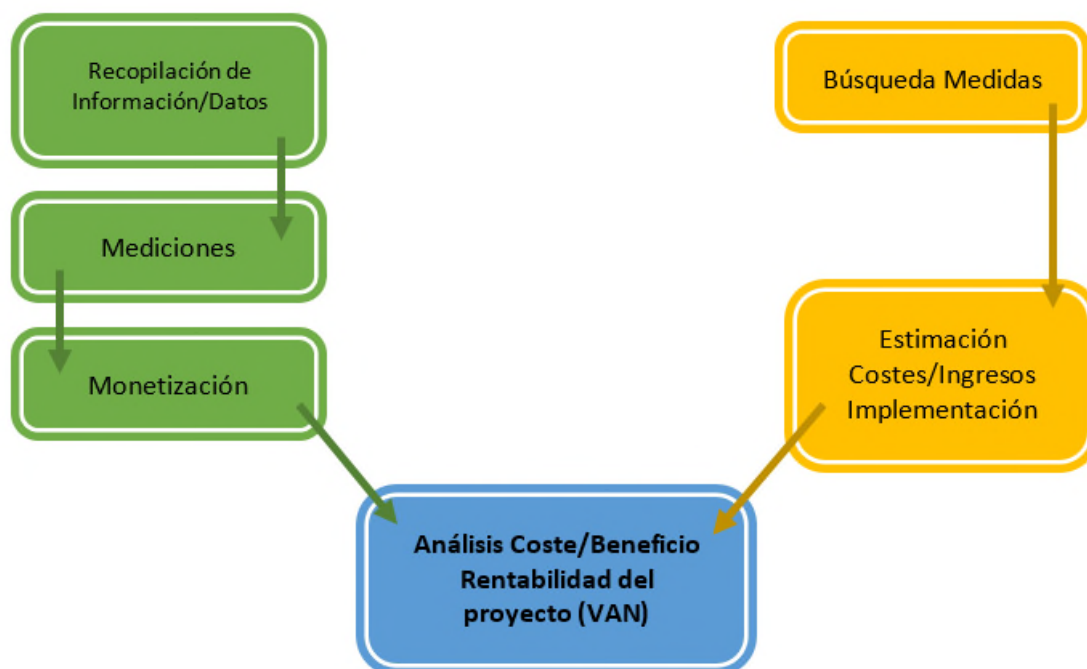


Ilustración 3-1. Esquema de la Metodología adoptada (FUENTE: Elaboración Propia)

En los sub-apartados siguientes se explicará de forma más concisa de qué tratan cada una de los pasos plasmados en el gráfico, sus objetivos, como se han resuelto éstos y los resultados finales obtenidos del análisis de los datos.

3.1. Recopilación de Información/Datos

En este apartado se ha procedido a realizar un trabajo de recopilación de la información necesaria para detectar si existe un problema o no de congestión del tráfico en las ciudades del estudio. El principal objetivo es saber si realmente existe una incidencia en el tráfico en las autovías y, en grandes rasgos, cómo poder solucionarlo. Para una mayor profundización práctica, y no solo teórica, se han analizado diferentes estudios y reportes que discuten el éxito de las diferentes medidas teóricas de control del tráfico que se han ido recopilando en el trabajo; se realiza una búsqueda detallada sobre el

control del tráfico y la importancia de mantener una seguridad y eficacia en el transporte viario.

Así mismo, se ha generado una introducción al proyecto donde se explica la invasión de las ciudades, el aumento del uso del vehículo privado y la congestión generada por ello, derivando en la necesidad de nuevas infraestructuras o un cambio completo en el planeamiento urbanístico, así como de las redes de transporte público.

Finalmente, se recogen los datos del tráfico en Santander y Bilbao (utilizando la herramienta Google Maps), y se completan con datos más significativos como: habitantes en diferentes zonas adyacentes o el salario medio de los ciudadanos. Estos datos de partida serán la base para determinar si existe o no un problema de congestión en las entradas de las ciudades estudiadas.

3.2. Análisis de las Mediciones

Derivado de la recopilación de información sobre el tráfico de las ciudades, se han detallado los datos obtenidos realizando una serie de mediciones básicas que consisten en estudiar los tiempos de trayecto de diversas comunidades periféricas a los centros de las ciudades escogidas. Analizando esta información, se obtendrán valores objetivos y numéricos sobre los minutos extra perdidos en atascos y la repercusión que tienen las diferentes rutas en los puntos clave de congestión.

Las zonas escogidas dependen de su número de habitantes y de la IMD (Intensidad Media Diaria de Vehículos que pasan por una cierta carretera, medida en vehículos/día). Se ha observado que las carreteras de Santander y Bilbao más utilizadas son la S-10 en el caso de Santander y la A-8 en el caso de Bilbao. Se procederá a destacar dónde ocurren los atascos.

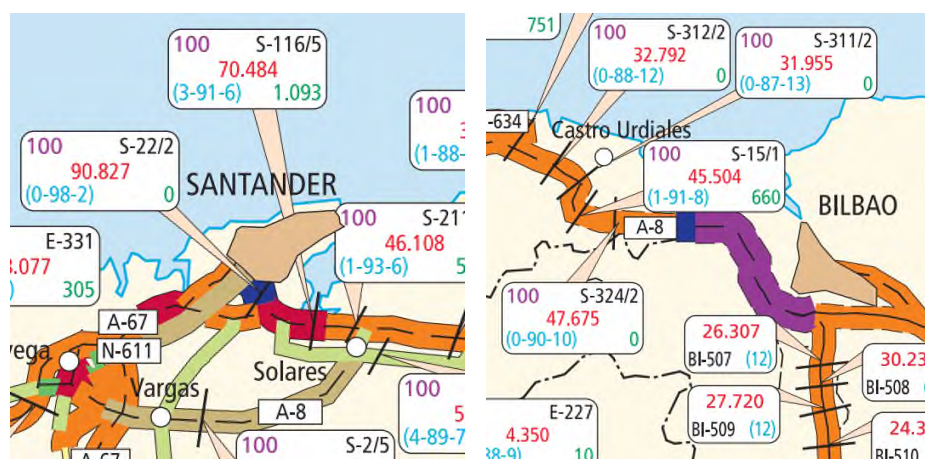


Ilustración 3-2. IMD en las carreteras de entrada a Santander y Bilbao. Las coloreadas en azul y morado representan un IMD de más de 80.000 vehículos/día (FUENTE: https://www.fomento.es/recursos_mfom/comodin/recursos/mapa_imd_2017.pdf)

Para la recogida de datos en Google Maps se tomarán cuatro mediciones del tiempo en trayecto de ida (en minutos) por cada intervalo de tiempo (de 2 horas comenzando a las 7 de la mañana y acabando a las 11). A partir de estas mediciones se hará una media que se tomará como valor aproximado a la hora de calcular los tiempos bases (a máxima



capacidad de la red y a velocidad máxima) y los tiempos de retraso, basados en la anterior medida base.

El resultado final del apartado se plasmará en tablas y gráficos didácticos que representarán claramente un resumen de los datos recopilados. Se hará un análisis detallado de los datos obtenidos, resumiendo así las principales necesidades de descongestión del transporte que tiene cada ciudad.

3.3. Monetización

Se procede a monetizar el valor del tiempo perdido en atascos calculando objetivamente cuánto dinero pierden en total en un mes los ciudadanos que experimentas estas situaciones de congestión. Para ello se necesitarán dos datos claves que son:

- *Salario medio*. Con este valor se puede saber lo que vale un minuto del tiempo trabajado y poder utilizarlo para dar un valor objetivo del tiempo extra. (Obtenido del INE)
- *Minutos extras* pasados en atascos al mes (Obtenidos del primer apartado).

Se multiplicarán los minutos perdidos en atascos por el precio de cada minuto de trabajo de los ciudadanos**.

$$** \text{ Precio minuto} = \text{Salario mensual} * \frac{1 \text{ mes}}{21 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{21 \text{ horas}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}}$$

Con ello se obtendrá un valor medio objetivo, con cierto error para cada ciudad, que representará el dinero 'perdido' en atascos a lo largo de un mes. Se analizará estos resultados discutiendo si son necesarias medidas de gestión del tráfico o no.

3.4. Búsqueda de medidas

Al mismo nivel que se recopila la información anterior se realiza una búsqueda exhaustiva de medidas anti-congestión. En este apartado se pretenden recoger una serie de medidas que dictan las formas de actuación frente al tráfico excesivo en las conexiones con la ciudad o en la propia ciudad. Para ello, se tomarán como ejemplo otras ciudades que ya han implementado diferentes tecnologías y se seleccionarán las más acordes al caso de estudio.

3.5. Estimación Costes/Ingresos de la Implementación

Se procede a la estimación de los presupuestos de las soluciones escogida para llevar a cabo su construcción o implantación. Se tendrán en cuenta presupuestos anteriores y costes de mantenimientos de otros lugares similares para hacer una valoración objetiva de los costes.

Así mismo, se tomarán valores aproximados de otros lugares con medidas similares para estimar los ingresos que generarían estas infraestructuras a lo largo de los años.

3.6. Análisis Coste/Beneficio y Rentabilidad del Proyecto (VAN)

El objetivo de este punto es estudiar la viabilidad económica del proyecto calculando el indicador económico-financiero VAN (Valor Actual Neto). El VAN consiste en un estudio de los ingresos y egresos de un proyecto, estudiando si después de descontar la inversión inicial aún quedan ganancias. Si es así, el proyecto es viable. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

- F_t – son los flujos de dinero en cada periodo t
- I_0 – es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)
- N – es el número de periodos de tiempo
- K – es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

Se recogerán los datos en una tabla Coste/Beneficio y se analizarán los resultados.

4. Casos de estudio

Como se vio en la Metodología, los casos de estudio son Santander y Bilbao, estos se han escogido por familiaridad con el entorno y elevado IMD en las entradas de las ciudades.

El número de habitantes en la capital cántabra no es equiparable al del País Vasco, aun así, se observan tramos de carretera donde confluyen las diversas conexiones con el resto de la comunidad que se ven sobrepasados en capacidad. Lo mismo ocurre en Bilbao, donde la A-8 se ve un tramo de aproximadamente 15 kilómetros donde la intensidad media vehicular es de más de 100.000 vehículos/día.

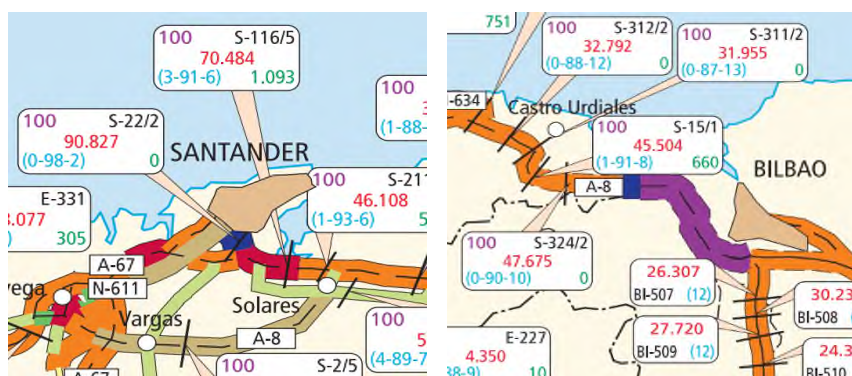


Ilustración 4-1. IMD en las carreteras de entrada a Santander y Bilbao. Las coloreadas en azul y morado representan un IMD de más de 80.000 vehículos/día (FUENTE: https://www.fomento.es/recursos/mfom/comodin/recursos/mapa_imd_2017.pdf)

4.1. Cantabria – Santander

Cantabria es una comunidad autónoma española definida como comunidad histórica en su Estatuto de Autonomía. Limita al este con el País Vasco (provincia de Vizcaya), al sur con Castilla y León (provincias de León, Palencia y Burgos), al oeste con el Principado de Asturias y al norte con el mar Cantábrico. La ciudad de Santander es su capital y la localidad más poblada.

En Cantabria el proceso de urbanización sigue un patrón claro, extendiéndose desde los núcleos urbanos más importantes —Santander y Torrelavega—, hacia los espacios periféricos inmediatos, dando lugar a procesos conurbanos y de peri-urbanización a lo largo de los grandes ejes de transporte por carretera, que consolidan y aceleran progresivamente este proceso. La agrupación de la población en esta franja supone el 80 % sobre el total regional, lo que da lugar a uno de sus elementos más definitorios; el continuo urbanizado.

Santander es una ciudad situada en el norte de España, capital de la comunidad autónoma uniprovincial de Cantabria y, a su vez, del municipio homónimo. Alrededor de 180.000 personas viven en ella; además, es la cabecera del área metropolitana de Santander, una conurbación de más de 300.000 habitantes que se extiende alrededor de la bahía de Santander. Torrelavega es la segunda población más grande de Cantabria con, aproximadamente, medio centenar de habitantes.

4.1.1. Habitantes

Su tendencia demográfica está prácticamente estancada desde 1.981, debido a la caída de la natalidad y el leve incremento de la mortalidad por el elevado número de población adulta (en 1.996 la edad media era de 40 años) es compensado por saldos migratorios positivos, fundamentalmente desde comienzos de los años 1.990.

Tabla 4-1. Municipios más poblados de Cantabria (INE, 2017). Resaltados los municipios más cercanos a la capital.

Cantabria	580.295
<i>Santander</i>	171.951
<i>Torrelavega</i>	52.034
<i>Castro Urdiales</i>	31.817
<i>Camargo</i>	30.556
<i>Piélagos</i>	24.918
<i>El Astillero</i>	18.120
<i>Santa Cruz de Bezana</i>	12.818
<i>Laredo</i>	11.347
<i>Reinosa</i>	9.3318
<i>Cabezón de la Sal</i>	8.326

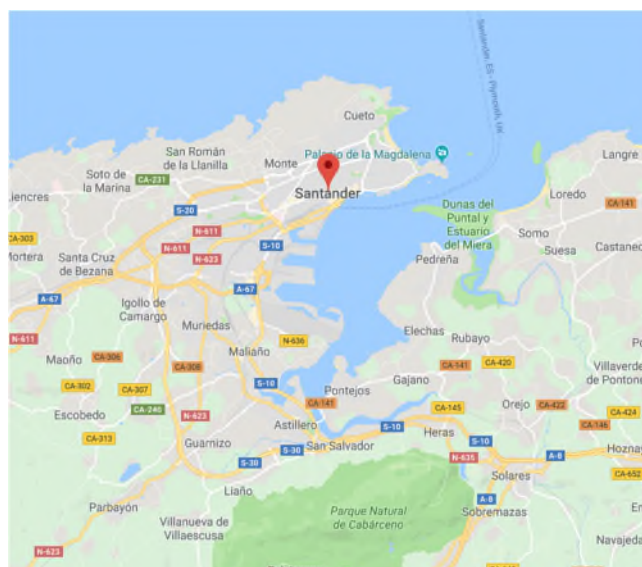


Ilustración 4-2. Santander y vecindarios. (Fuente: Google Maps)

Asimismo, la escasez de viviendas en la capital y sus altos precios ha traído parejo un desplazamiento de la población en edad fértil hacia los municipios de la periferia, en especial al denominado "Arco de la Bahía de Santander" de 259.158 habitantes y al eje conurbano Santander-Torrelavega de 383.360 habitantes.

Esta tendencia de crecimiento de las ciudades más grandes de la comunidad hace que la congestión sea mayor. De esta forma, municipios como Camargo, a las afueras de



Santander, o Astillero, crezcan cada vez más, obligando a sus habitantes a conmutar a la ciudad.

4.1.2. Economía

Con el asentamiento de grandes empresas del sector químico como: Nueva Montaña (1899), Solvay (1904) o Sniace (1944) se desarrolla la industria cántabra hasta situarse en uno de los puntos clave del país. A su vez, los sectores de la alimentación y la metalurgia se ven afectados por el desarrollo industrial y, junto a la agricultura y la pesca, también experimentan un gran avance.

Tras la Guerra Civil, esta industria, junto a los sectores más tradicionales que también experimentan un gran desarrollo (telas – Textil Santanderina, cuero o calzado) la industria se ve sumida en un pozo sin fondo, la escasa inversión en I+D le hizo caer a las últimas posiciones con el Plan de Estabilización y Desarrollo en 1959 que pretendía abrir las fronteras del estado español. En los años de la década de los años 60 el turismo y el sector servicios salvan a la comunidad de un fracaso económico anunciado.

Aún con los esfuerzos de los ciudadanos y los políticos por salir a flote, no pudieron hacer nada contra la crisis del petróleo de comienzos de los años 70 y la región se vio sumida de nuevo en otra crisis económica de la que no saldrían de ella hasta la llegada del siglo XXI. No sería hasta 2008 que el PIB en Cantabria alcanzaría el puesto número 8 con 24.466 euros. La industria en Cantabria ha quedado totalmente destruida hasta la actualidad.

El salario medio en Cantabria se sitúa en quinto lugar, con un valor de 2.108,65€/mes.

4.1.3. Estudio del Tráfico

Siguiendo el procedimiento descrito en el apartado de la metodológico, para el estudio del tráfico se ha utilizado la herramienta Google Maps.

En la siguiente tabla se recoge la media de tiempos (en minutos) que se tardan en llegar al centro de la ciudad en intervalos de una hora y media. Los rellenados en rojo simbolizan los tiempos más altos (por encima de la media), los naranjas tiempos medios más largos de los habitual y los verdes son los rangos de tiempo que se tarda en condiciones normales de tráfico. (El esquema de colores se ha aplicado según lo mostrado en Google Maps).

Los municipios escogidos para el estudio han sido los que más habitantes tienen según lo marcado por el INE mostrados en el apartado anterior. Estos datos son una media de datos obtenida de una media de los tiempos de viaje y existe un margen de error de ± 5 minutos.

A partir de estas tablas-resumen de resultados se han obtenido unos gráficos donde se puede ver más simplemente el tiempo medio más que se tardaría saliendo a una determinada hora (*curva azul*) vs el tiempo medio mínimo invertido en ese mismo trayecto (*curva naranja*).

RECORRIDO NÚMERO 1: TORRELAVEGA – SANTANDER

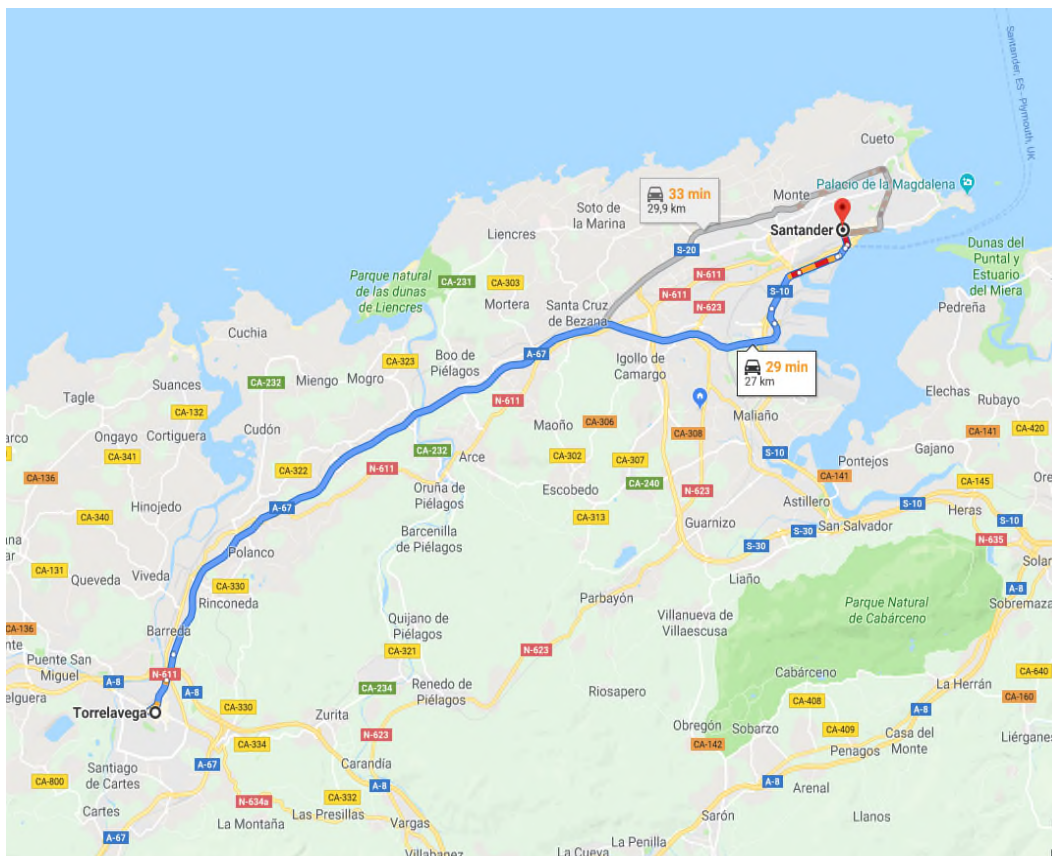
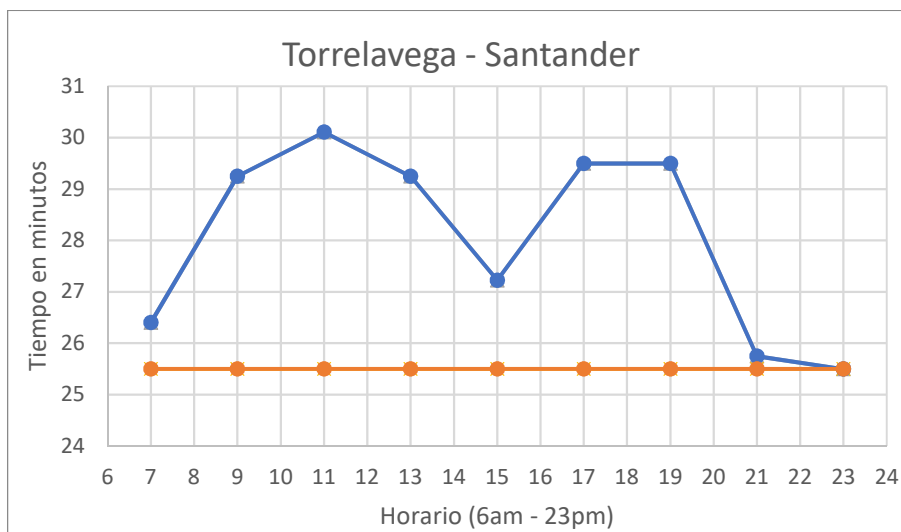


Ilustración 4-3. Torrelavega - Santander (FUENTE: Google Maps)

TORRELAVEGA (A-67)	7:00-8:30	9:00-10:30	11:00-12:30	13:00-14:30	15:00-16:30	17:00-18:30	19:00-20:30	21:00-22:30	23:00-7:00
	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3	VALOR 4	MEDIA	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3	VALOR 4
VALOR 1	23	28,5	29,5	29,5	26	29,5	29,5	26	25
VALOR 2	26	29,5	32	29,5	26	29,5	29,5	26	26
VALOR 3	28,5	29,5	29,5	29,5	28,5	29,5	29,5	26	26
VALOR 4	28,5	29,5	29,5	28,5	28,5	29,5	29,5	25	25
MEDIA	26,40	29,25	30,11	29,25	27,22	29,50	29,50	25,75	25,50



La línea de datos naranja representa el tiempo normal en llegar a destino.
La línea de datos azul representa el tiempo que se tarda en llegar a destino.

RECORRIDO NÚMERO 2: CASTRO URDIALES – SANTANDER

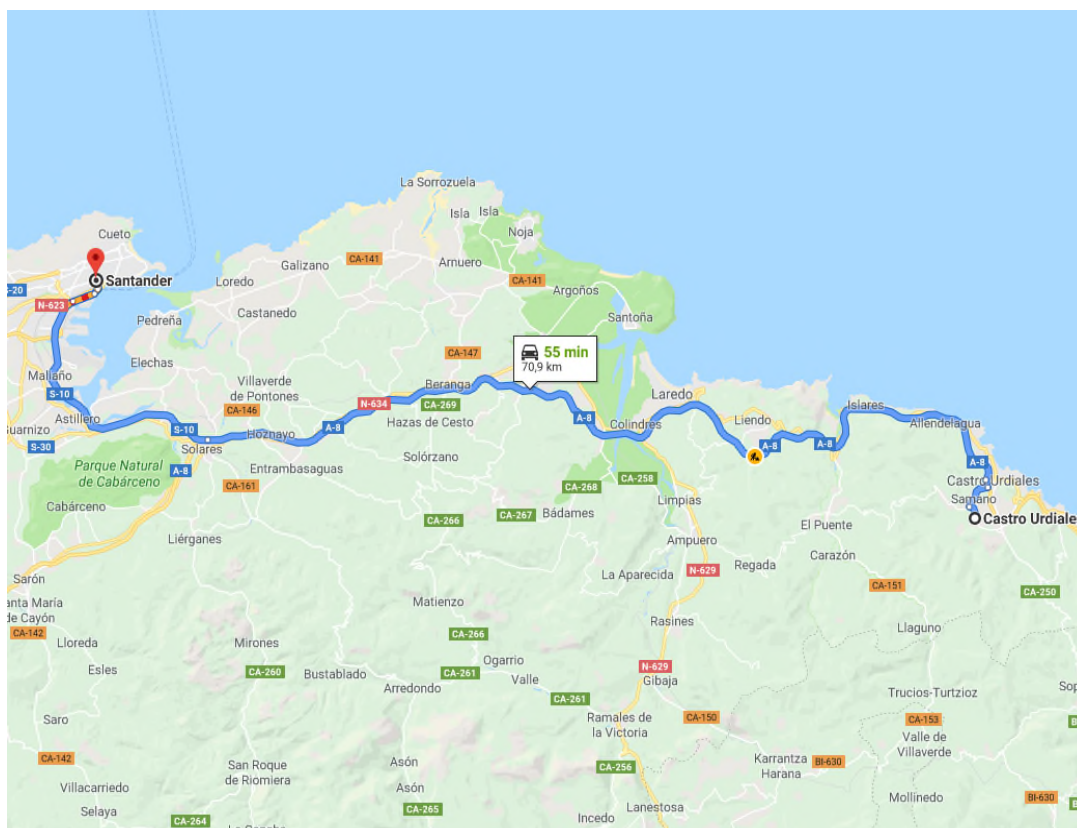
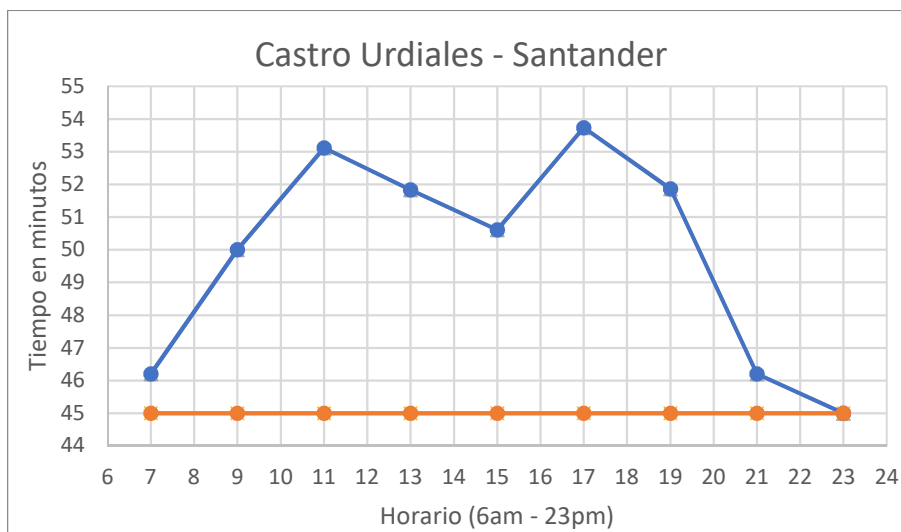


Ilustración 4-4. Castro Urdiales - Santander (FUENTE: Google Maps)

CASTRO URDIALES (A-8)	7:00-8:30	9:00-10:30	11:00-12:30	13:00-14:30	15:00-16:30	17:00-18:30	19:00-20:30	21:00-22:30	23:00-7:00
VALOR 1	45	50	52,5	55	50	52,5	52,5	50	45
VALOR 2	45	50	52,5	52,5	50	52,5	52,5	45	45
VALOR 3	45	50	52,5	50	50	55	52,5	45	45
VALOR 4	50	50	55	50	52,5	55	50	45	45
MEDIA	46,20	50,00	53,11	51,83	50,61	53,74	51,86	46,20	45,00



La línea de datos naranja representa el tiempo normal en llegar a destino.
La línea de datos azul representa el tiempo que se tarda en llegar a destino.

RECORRIDO NÚMERO 3: CAMARGO – SANTANDER

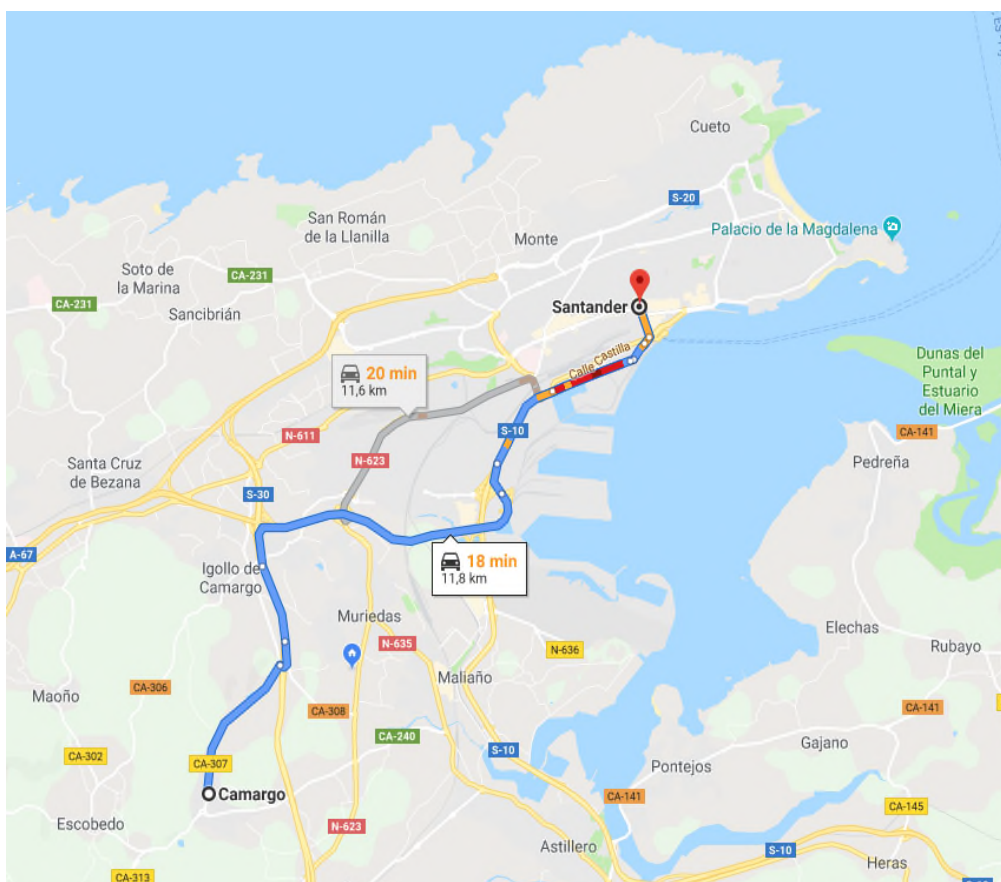
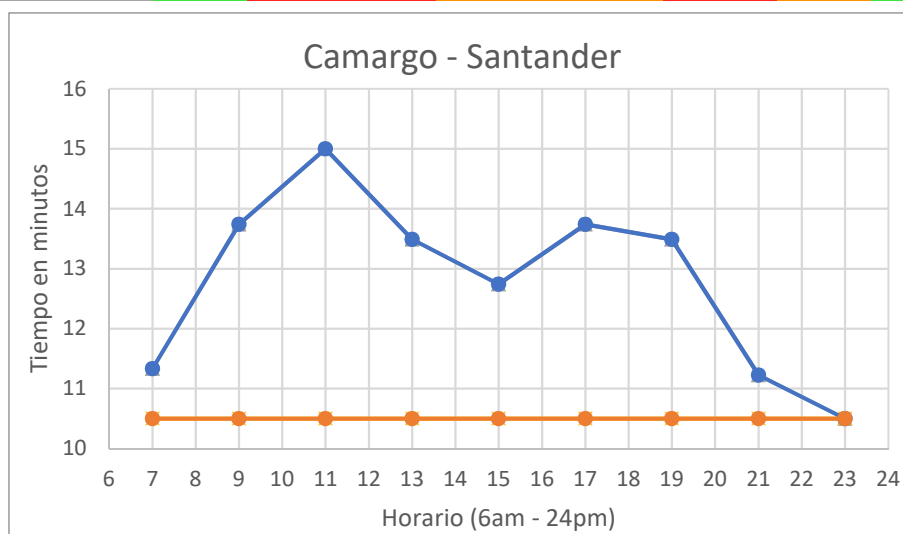


Ilustración 4-5. Camargo - Santander. (FUENTE: Google Maps)

CAMARGO (Muriedas/A-67)	7:00- 8:30	9:00- 10:30	11:00- 12:30	13:00- 14:30	15:00- 16:30	17:00- 18:30	19:00- 20:30	21:00- 22:30	23:00- 7:00
VALOR 1	10,5	14	15	14	12	13	14	12	10,5
VALOR 2	10,5	14	15	14	13	14	14	12	10,5
VALOR 3	11,5	13	15	13	13	14	13	10,5	10,5
VALOR 4	13	14	15	13	13	14	13	10,5	10,5
MEDIA	11,33	13,74	15,00	13,49	12,74	13,74	13,49	11,22	10,50



La línea de datos naranja representa el tiempo normal en llegar a destino.
La línea de datos azul representa el tiempo que se tarda en llegar a destino.



RECORRIDO NÚMERO 4: BEZANA – SANTANDER

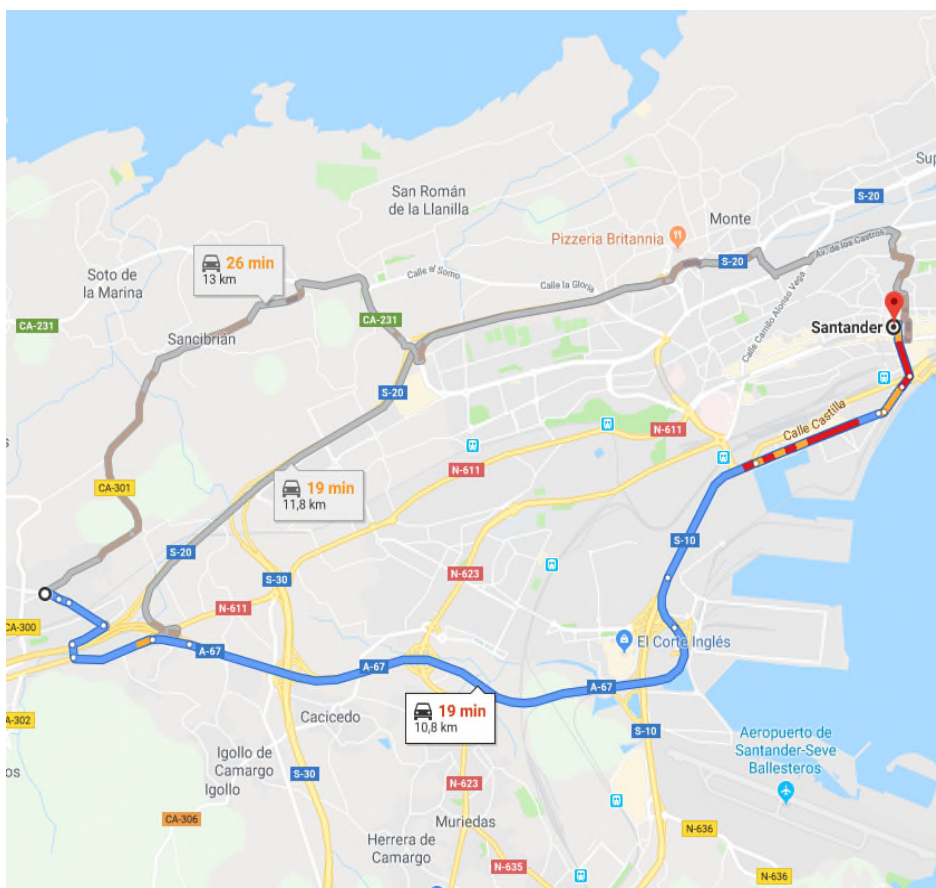
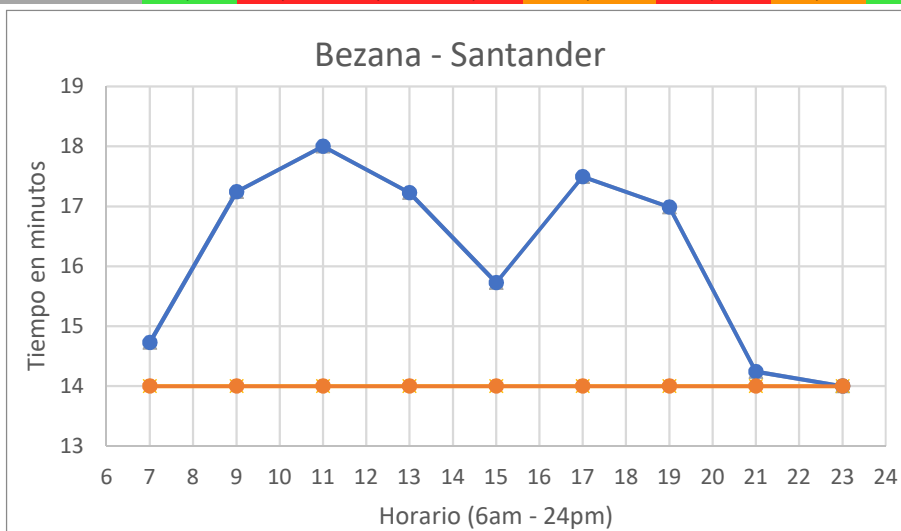


Ilustración 4-6. Bezana - Santander (FUENTE: Google Maps)

BEZANA (A-67)	7:00-8:30	9:00-10:30	11:00-12:30	13:00-14:30	15:00-16:30	17:00-18:30	19:00-20:30	21:00-22:30	23:00-7:00
VALOR 1	14	18	18	18	15	17	18	15	14
VALOR 2	14	17	18	18	15	17	17	14	14
VALOR 3	15	17	18	17	17	18	17	14	14
VALOR 4	16	17	18	16	16	18	16	14	14
MEDIA	14,73	17,24	18,00	17,23	15,73	17,49	16,99	14,24	14,00



La línea de datos naranja representa el tiempo normal en llegar a destino.
La línea de datos azul representa el tiempo que se tarda en llegar a destino.



RECORRIDO NÚMERO 5: ASTILLERO – SANTANDER

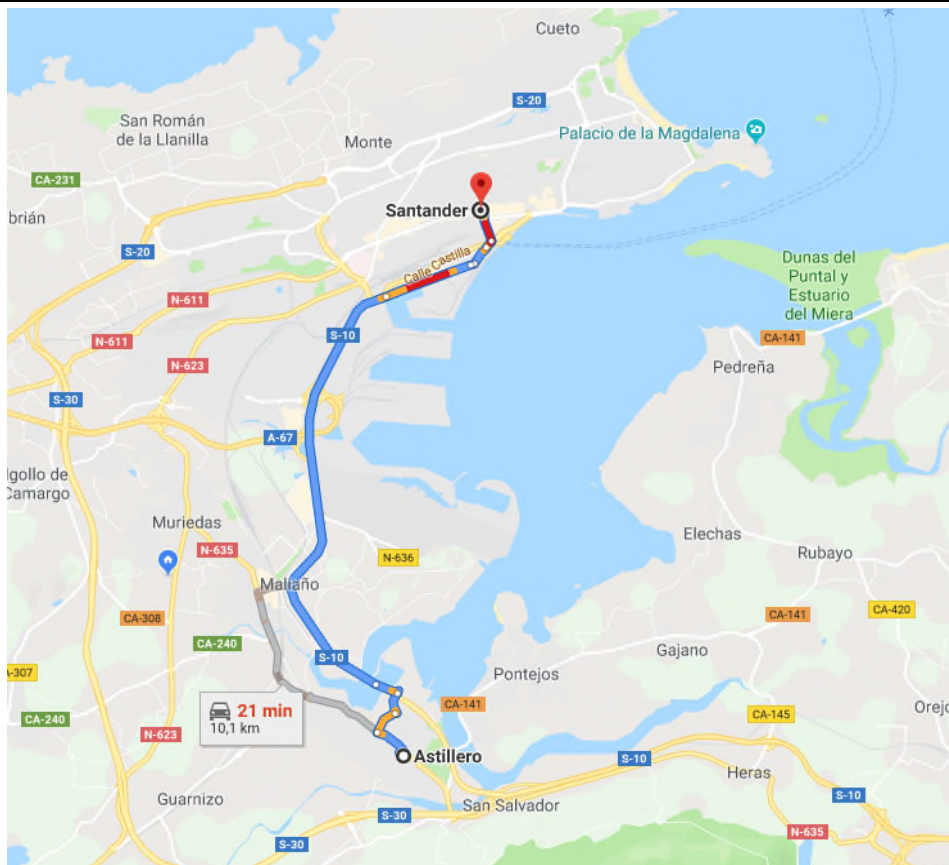
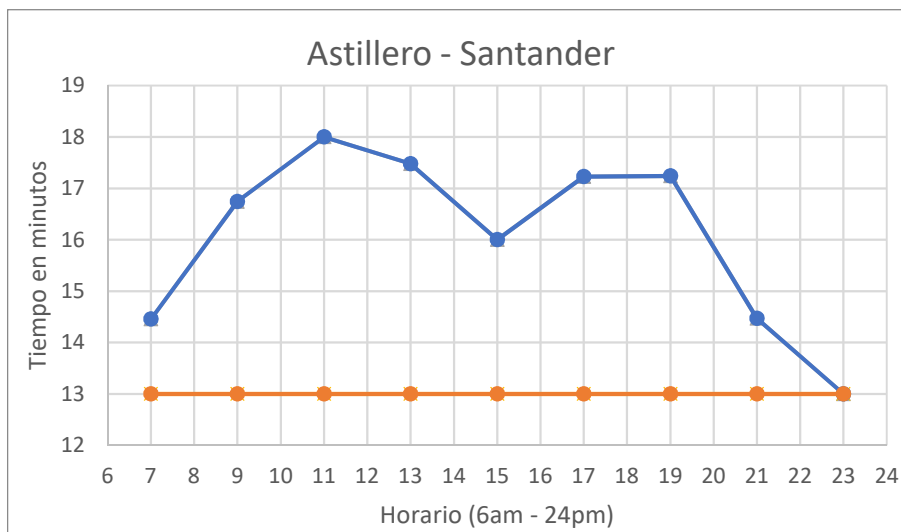


Ilustración 4-7. Astillero - Santander (FUENTE: Google Maps)

ASTILLERO (S-10)	7:00-8:30	9:00-10:30	11:00-12:30	13:00-14:30	15:00-16:30	17:00-18:30	19:00-20:30	21:00-22:30	23:00-7:00
VALOR 1	13	16	18	18	16	16	18	15	13
VALOR 2	14	17	18	18	16	17	17	15	13
VALOR 3	15	17	18	18	16	18	17	15	13
VALOR 4	16	17	18	16	16	18	17	13	13
MEDIA	14,46	16,74	18,00	17,48	16,00	17,23	17,24	14,47	13,00



La línea de datos naranja representa el tiempo normal en llegar a destino.
La línea de datos azul representa el tiempo que se tarda en llegar a destino.

Estudiando los resultados obtenidos se pueden resumir unos puntos clave que se usarán posteriormente para la búsqueda específica de medidas a adoptar.

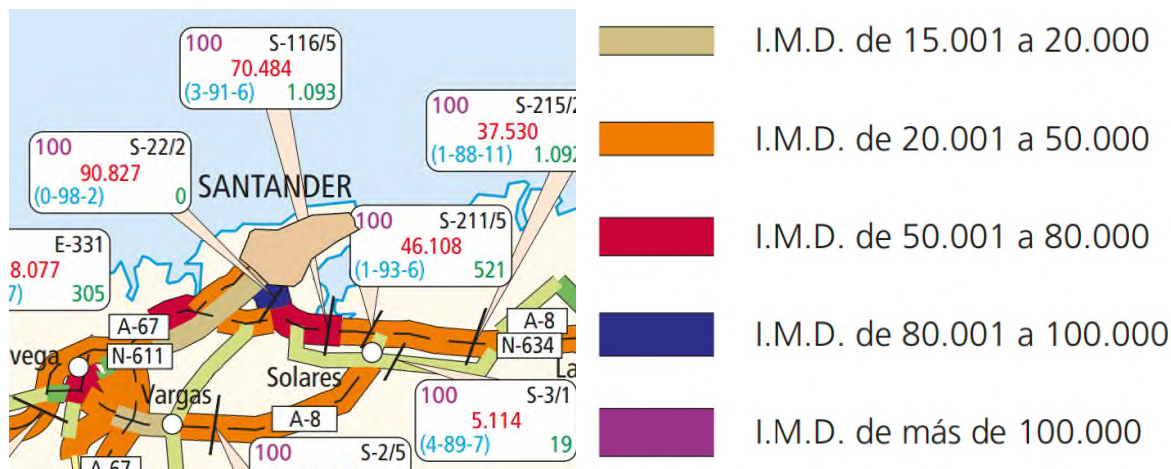


Ilustración 4-8. IMD en Santander (FUENTE: https://www.fomento.es/recursos_mfom/comodin/recursos/mapa_imd_2017.pdf)

- Las principales entradas a la ciudad (S-10 y A-67) confluyen en Nueva Montaña y confluyen en una carretera que da acceso directo a Santander a través de la Calle Castilla o, también, poder dirigirse hacia el Norte por el Hospital de Valdecilla o Cuatro Caminos. Posteriormente, se encuentran en la rotonda de la Marga donde los viajeros provenientes de Cajo, La Remonta, Peñacastillo... (N-623 y N-611) deciden su trayecto. Si coinciden todos en ir hacia el centro por la Calle Castilla se encontrarán en un punto de tráfico denso en la Calle Castilla.



Ilustración 4-9. Confluencia de vías. (FUENTE: Google Maps)

Se puede observar como el principal problema radica en la Calle Castilla donde confluyen el 80% de las vías y hace aumentar el tráfico en el centro de la ciudad.

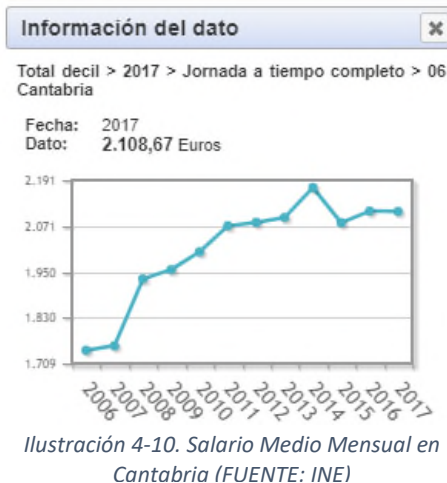
De todas formas, se comprueba que el atasco es puntual y que el aumento de tiempos de trayecto (una media de 10 minutos al día) no representa una cantidad suficientemente grande como para hacer grandes cambios. Las medidas que se escojan se adaptarán a este criterio.

4.1.4. Monetización del tiempo 'perdido' en atascos

A la hora de realizar la monetización del tiempo extra invertido en la carretera se han tenido en cuenta varios datos como el salario medio obtenido del Instituto Nacional de Estadística, los minutos extras calculados en el apartado anterior y la media de días trabajados al mes.

Se realizará y analizará una tabla con un resumen de los resultados. El objetivo principal es calcular de forma analítica y exacta el dinero perdido por esos minutos extras.

- El *salario medio de los cántabros* (2108.67€, INE)
- *Minutos extra* pasados en retenciones del tráfico.
- Media de *22 días trabajados* al mes.



Se trabajan una media de 176 (22*8) horas mensuales					
SUELDO €/MINUTO			2108,67 0,200		
EJEMPLO: CONJUNTO DE INDIVIDUOS DESPLAZÁNDOSE EN HORA PUNTA (I/V)					
ORIGEN	DESTINO	NORMAL	EXTRA	T. ATASCOS MES I/V	MONETIZACIÓN
Torrelavega	Santander	25,5	4,61	202,67	40,47
Bezana	Santander	14	4,00	176,00	35,14
Castro Urdiales	Santander	45	8,74	384,36	76,75
Astillero	Santander	13	5,00	220,00	43,93
Camargo	Santander	10.5	4.50	198.00	39.54

La explicación de los resultados en la siguiente:

- Los tiempos base de trayecto de Ida o Vuelta se representan en la tercera columna y son la línea basa naranja de los datos representados en el apartado anterior.
- El tiempo extra es la media de tiempo que se pierde en cada trayecto. Como dato empírico que tiene un gran rango de posibles valores se puntualiza que existe un error de ± 5 minutos en el caso de Santander.
- El tiempo pasado en atascos al mes duplica la columna del tiempo extra (para convertirlo en Ida y Vuelta) y lo multiplica por 22 días que es la media de días laborables al mes.
- La última columna es el resumen de la tabla y devuelve el valor en euros del tiempo perdido en el atasco al mes. Teniendo en cuenta el error que arrastramos de los minutos antes recogidos, podemos añadir que el cálculo siempre será aproximado, pudiendo invertir **±44€** (5 minutos * 2 I/V * 22 días al mes * 0.2 €/minuto) al mes por este motivo.



4.2. Vizcaya – Bilbao

Vizcaya (en euskera Bizkaia) es una provincia de España y un territorio histórico de la comunidad autónoma del País Vasco, heredero del antiguo señorío de Vizcaya. Su capital es Bilbao. En ella se produjo una masiva industrialización a finales del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. En la actualidad, la actividad industrial ha dado paso a una actividad en el sector servicios, sobre todo tras la profunda desindustrialización sufrida durante la década de 1970 y posteriores.

Bilbao (en euskera Bilbo) es un municipio situado en el norte de España y una villa de dicho municipio, capital de la provincia y territorio histórico de Vizcaya, en la comunidad autónoma del País Vasco. La villa de Bilbao es la capital y única localidad del municipio, y con 345 110 habitantes según el padrón de 2017, es la urbe más poblada de la comunidad autónoma, siendo la cabecera del área metropolitana de Bilbao, una conurbación de más de 1 000 000 de habitantes que se extiende a lo largo de la ría de Bilbao o del Nervión. Los principales municipios limítrofes son Sondica, Zamudio, Basauri, Baracaldo, Galdácano y Arrigorriaga.

A lo largo del siglo XIX y principios del XX experimentó una fuerte industrialización que la convirtió en el epicentro de la segunda región industrializada de España, por detrás de Barcelona. Esta estuvo acompañada de una extraordinaria explosión demográfica y urbanística que originó la anexión de varios municipios colindantes.

4.2.1. Habitantes

Según el censo INE 2017, Vizcaya cuenta con 1.148.302 habitantes y su densidad de población es de 520hab/km²; solo superada por la Comunidad de Madrid y Barcelona. Quinta provincia española por población en 1981, a pesar de la crisis demográfica que viene sufriendo desde la Transición, es aún la novena provincia española en número de habitantes. Debido a que desde principios de los 80 ha presentado un fuerte saldo migratorio negativo hacia otras regiones de España, contaba en el 2009 tan solo con un 5,7 % de extranjeros, al menos seis puntos menos que la media nacional.

Tabla 4-2. Municipios más poblados de Bizkaia (INE, 2017). Resaltados los municipios más cercanos a la capital.

<i>Bizkaia</i>	<i>1.148.302</i>
<i>Bilbao</i>	345.110
<i>Barakaldo</i>	100.313
<i>Getxo</i>	78.406
<i>Portugalete</i>	46.120
<i>Santurtzi</i>	45.765
<i>Basauri</i>	40.877
<i>Leioa</i>	31.197
<i>Galdakao</i>	29.334
<i>Durango</i>	29.328
<i>Sestao</i>	27.744
<i>Erandio</i>	24.056
<i>Amorebieta-Etxano</i>	18.955

Aún con este ‘escape’ migratorio hacia otras zonas de España Vizcaya sigue estando entre las provincias más pobladas de España y el reparto de habitantes se centra mayoritariamente alrededor de la capital, Bilbao.



Ilustración 4-11. Bilbao y vecindarios (Fuente: Google Maps).

4.2.2. Economía

La economía de la provincia vasca siempre ha sido fuerte; los mercados pesqueros fueron el principal foco económico de la región por muchos años. En el siglo XIX la economía del País Vasco sufrió un gran desarrollo en parte gracias a la revolución industrial. Los mercados mineros y siderúrgicos se convirtieron en referencias nacionales y esto solo provocó una retroalimentación con el transporte marítimo, haciendo del puerto un punto estratégico para el país. Por aquel entonces se fundó el Banco de Bilbao que con el paso de los años se convertiría en lo que actualmente se llama BBVA. Se desarrollan a continuación los principales focos económicos anteriormente descritos.

- **Puerto de Bilbao:** Con el paso de los años se convirtió en un ‘Superpuerto’ que permitió cerrar el puerto ubicado en los muelles. Actualmente, Bilbao posee un puerto comercial de primer orden y se encuentra entre los cinco más importantes de España. En 2.007 tuvo un tráfico de 40 millones de toneladas, siendo Rusia y Brasil los principales destinos.: esta actividad remitió 419 millones de euros al PIB Vasco y genera casi 9.500 puestos de trabajo.



- **Minería y Siderurgia:** Con la extracción del metal del hierro Bilbao (desde 1.500) se convirtió en una región en la que la minería era la principal actividad primaria de la villa; el mineral, de gran calidad, se exportaba por toda Europa. No fue hasta la segunda mitad del siglo XIX que se desarrolló la industria siderúrgica, beneficiada por los recursos y las comunicaciones que ofrecía la villa. En el siglo XX, tanto capitales españolas como del resto del continente, importaban alrededor del 90% del hierro vizcaíno.
- **Bolsa de comercio:** Se creó en 1890 y está trabajando desde entonces en el edificio que actualmente ocupa.
- **Feria de muestras:** Las nuevas instalaciones de la Feria de Muestras de Bilbao fueron inauguradas en el año 2004 y pasaron a denominarse Bilbao Exhibition Centre. Este nuevo espacio permite realizar certámenes de carácter internacional y de mayor capacidad, con mejores servicios, infraestructuras y comunicaciones.
- **Turismo:** Vizcaya y el País Vasco en general, aun siendo una región grande, no experimentaba grandes afluencias de turistas. No fue hasta la entrada del último siglo, con la inauguración del Museo Guggenheim que los valores comenzaron a aumentar, llegando a los casi 700.000 visitantes anuales a la capital de Vizcaya, siendo la capital de la provincia más visitada por encima de San Sebastián.

El salario medio en el País Vasco es de 2.526,48 €/mes.

4.2.3. Estudio del Tráfico

En este apartado se estudiará lo mismo que en el anterior pero referido a Bilbao. De la misma se han escogido los municipios con más habitantes que se desplazan a Bilbao y se han realizado las tablas-resumen y gráficos.

RECORRIDO NÚMERO 1: BARACALDO – BILBAO

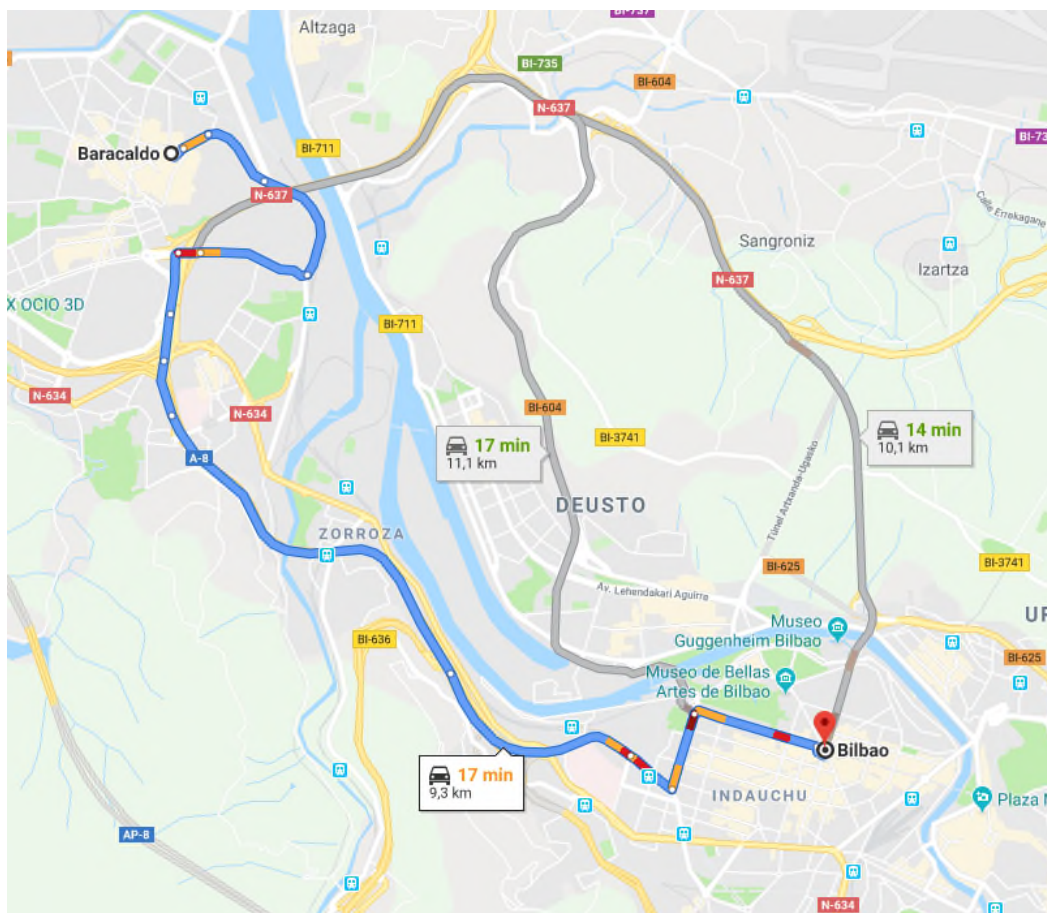
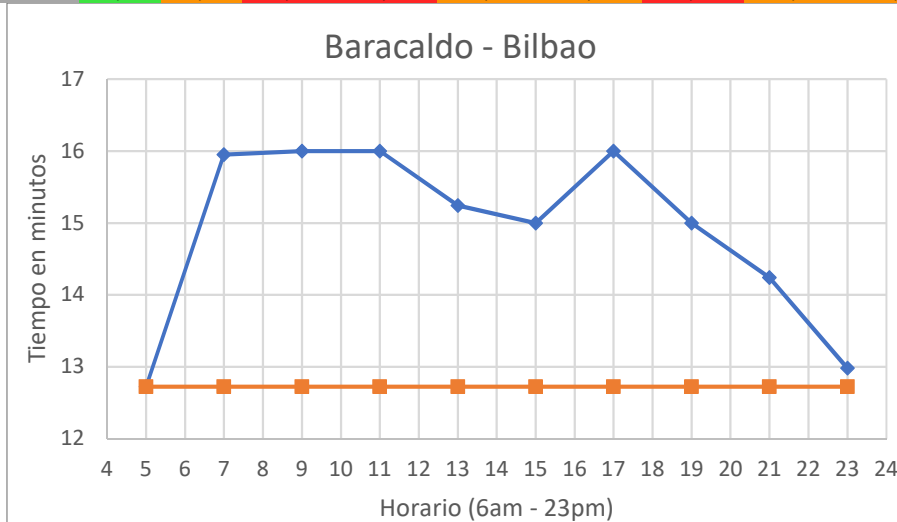


Ilustración 4-12. Baracaldo - Bilbao (FUENTE: Google Maps)

BARACALDO (N-637)	5:00- 6:30	7:00- 8:30	9:00- 10:30	11:00- 12:30	13:00- 14:30	15:00- 16:30	17:00- 18:30	19:00- 20:30	21:00- 22:30	23:00- 7:00
VALOR 1	12	14	16	16	16	15	16	15	15	14
VALOR 2	12	16	16	16	15	15	16	15	14	13
VALOR 3	13	17	16	16	15	15	16	15	14	12
VALOR 4	14	17	16	16	15	15	16	15	14	13
MEDIA	12,72	15,95	16,00	16,00	15,24	15,00	16,00	15,00	14,24	12,98



La línea de datos naranja representa el tiempo normal en llegar a destino.
La línea de datos azul representa el tiempo que se tarda en llegar a destino.

RECORRIDO NÚMERO 2: PORTUGALETE – BILBAO

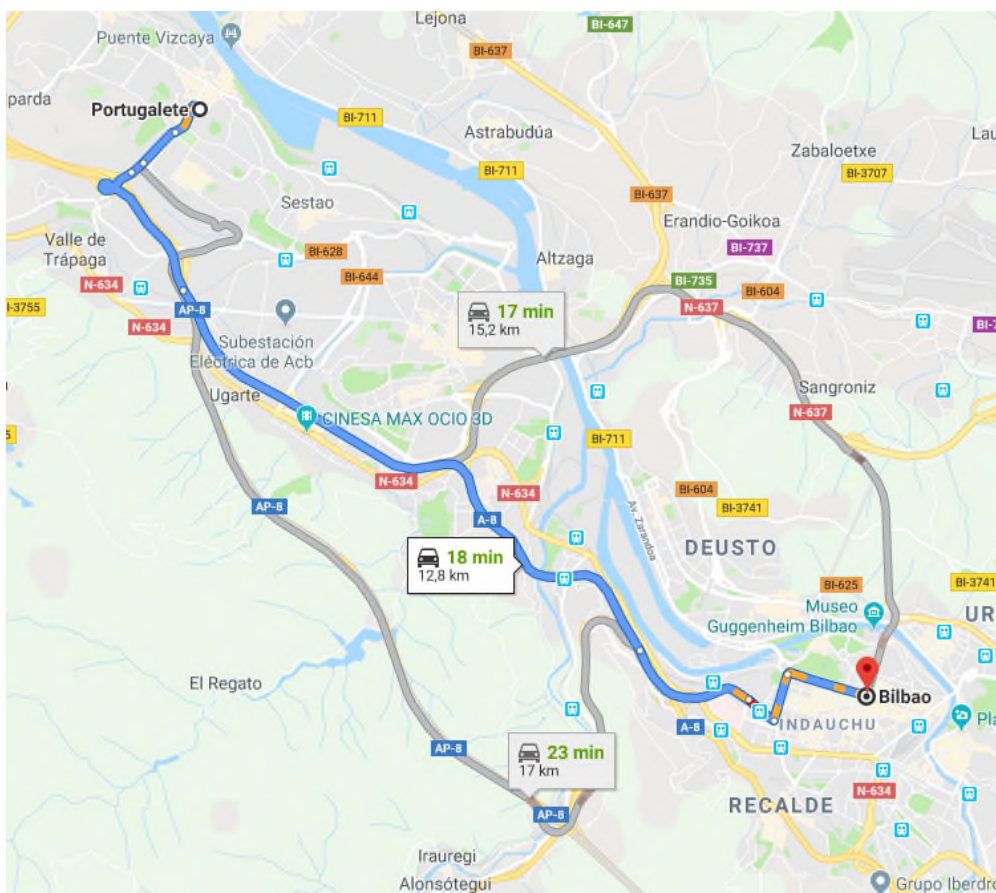
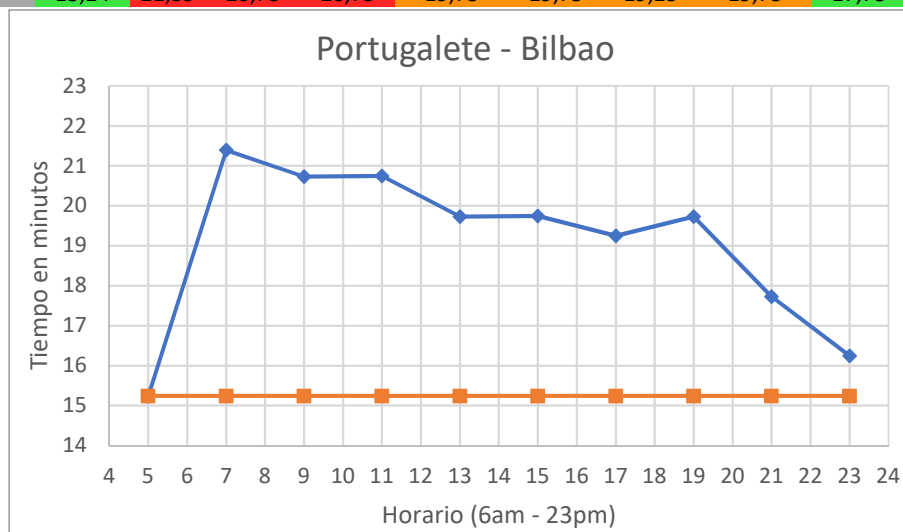


Ilustración 4-13. Portugalete - Bilbao (FUENTE: Google Maps)

PORTUGALETE (A-8)	5:00- 6:30	7:00- 8:30	9:00- 10:30	11:00- 12:30	13:00- 14:30	15:00- 16:30	17:00- 18:30	19:00- 20:30	21:00- 22:30	23:00- 7:00
VALOR 1	15	18	22	20	21	19	20	21	19	17
VALOR 2	15	22	21	21	20	20	19	20	18	16
VALOR 3	15	23	20	21	19	20	19	19	17	16
VALOR 4	16	23	20	21	19	20	19	19	17	16
MEDIA	15,24	21,39	20,73	20,75	19,73	19,75	19,25	19,73	17,73	16,24



La línea de datos naranja representa el tiempo normal en llegar a destino.

La línea de datos azul representa el tiempo que se tarda en llegar a destino.



RECORRIDO NÚMERO 3: GETXO – BILBAO

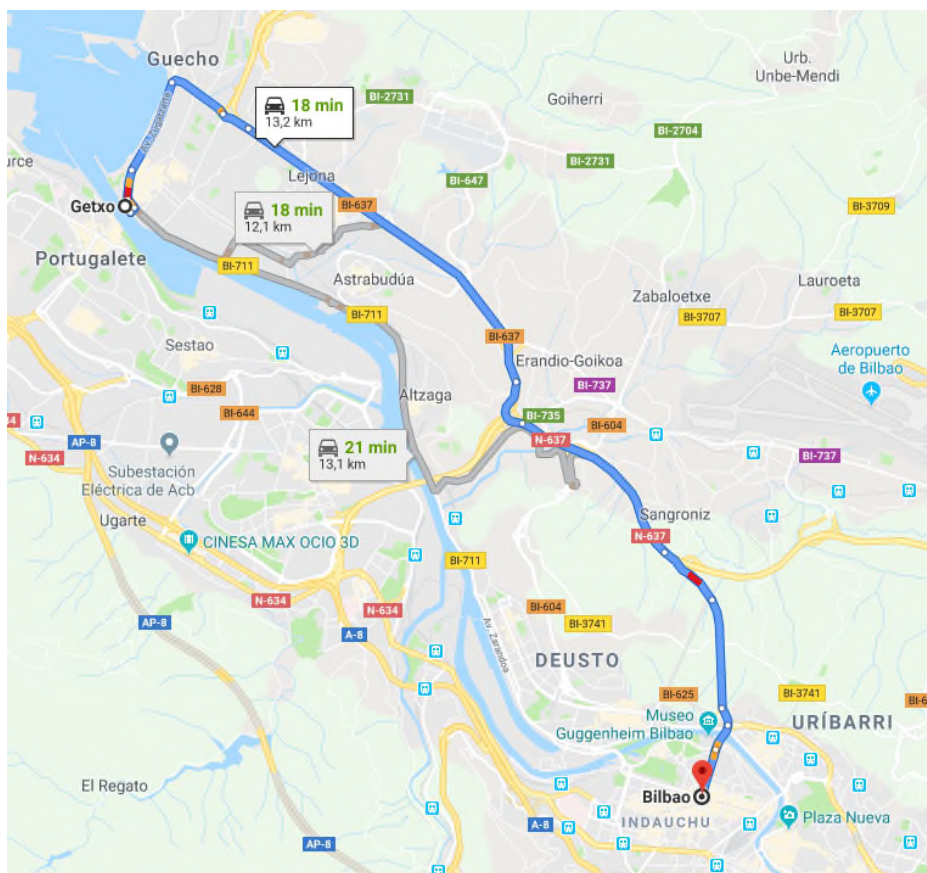
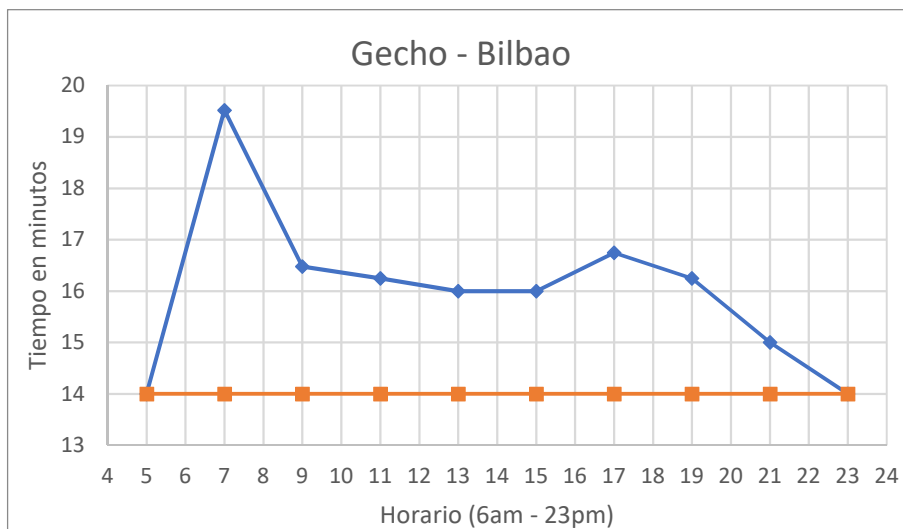


Ilustración 4-14. Getxo - Bilbao (FUENTE: Google Maps)

GETXO (BI-637)	5:00-6:30	7:00-8:30	9:00-10:30	11:00-12:30	13:00-14:30	15:00-16:30	17:00-18:30	19:00-20:30	21:00-22:30	23:00-7:00
VALOR 1	14	15	18	16	16	16	17	17	15	14
VALOR 2	14	20	16	16	16	16	17	16	15	14
VALOR 3	14	22	16	17	16	16	16	16	15	14
VALOR 4	14	22	16	16	16	16	17	16	15	14
MEDIA	14,00	19,52	16,48	16,24	16,00	16,00	16,74	16,24	15,00	14,00



La línea de datos naranja representa el tiempo normal en llegar a destino.

La línea de datos azul representa el tiempo que se tarda en llegar a destino.

RECORRIDO NÚMERO 4: BASAURI – BILBAO

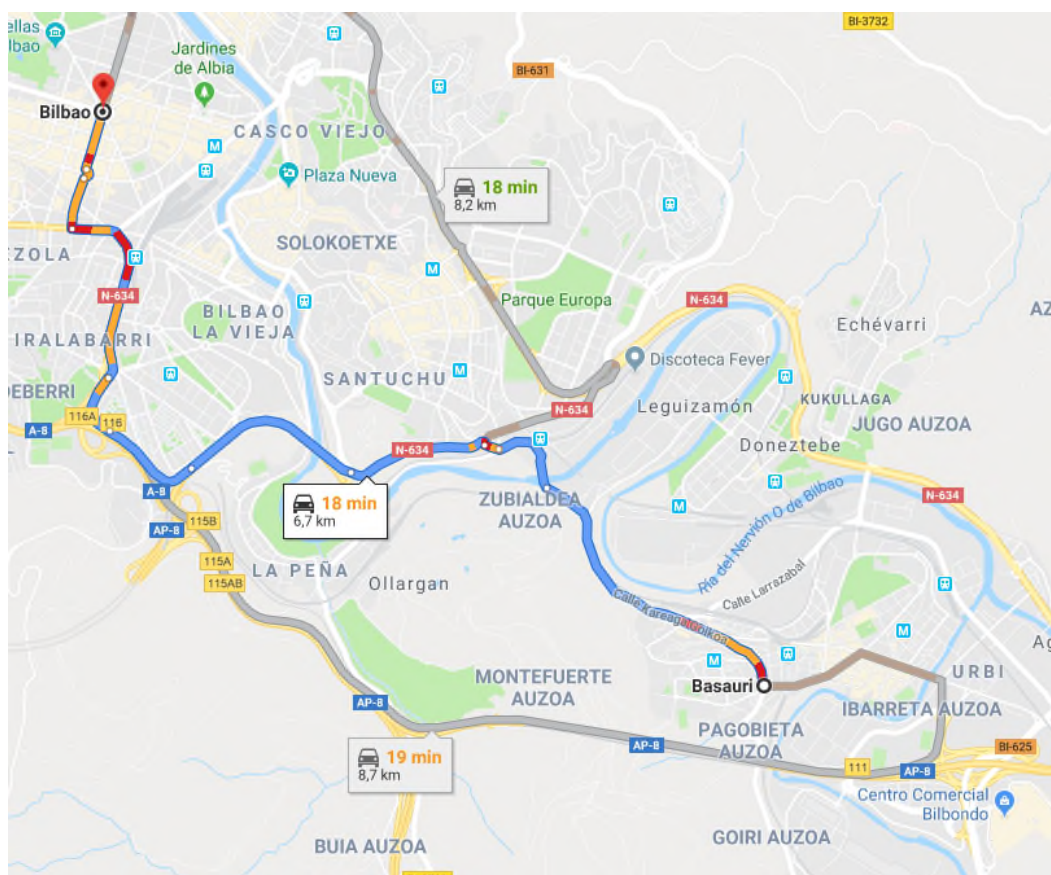
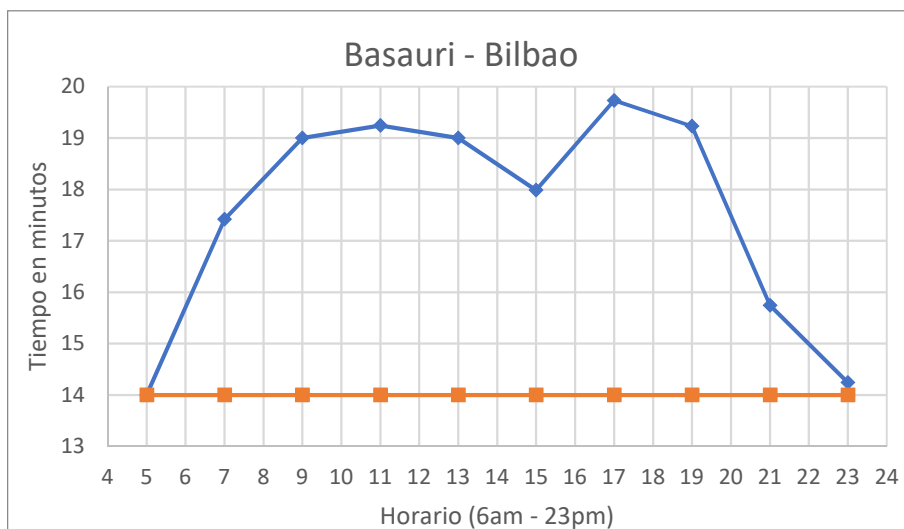


Ilustración 4-15. Basauri - Bilbao (FUENTE: Google Maps)

BASAURI	5:00-6:30	7:00-8:30	9:00-10:30	11:00-12:30	13:00-14:30	15:00-16:30	17:00-18:30	19:00-20:30	21:00-22:30	23:00-7:00
VALOR 1	14	15	19	19	19	18	19	20	16	15
VALOR 2	14	17	19	20	19	17	19	20	16	14
VALOR 3	14	19	19	19	19	18	20	19	16	14
VALOR 4	14	19	19	19	19	19	21	18	15	14
MEDIA	14,00	17,42	19,00	19,25	19,00	17,99	19,73	19,23	15,74	14,24



La línea de datos naranja representa el tiempo normal en llegar a destino.
La línea de datos azul representa el tiempo que se tarda en llegar a destino.



RECORRIDO NÚMERO 5: GALDACANO – BILBAO

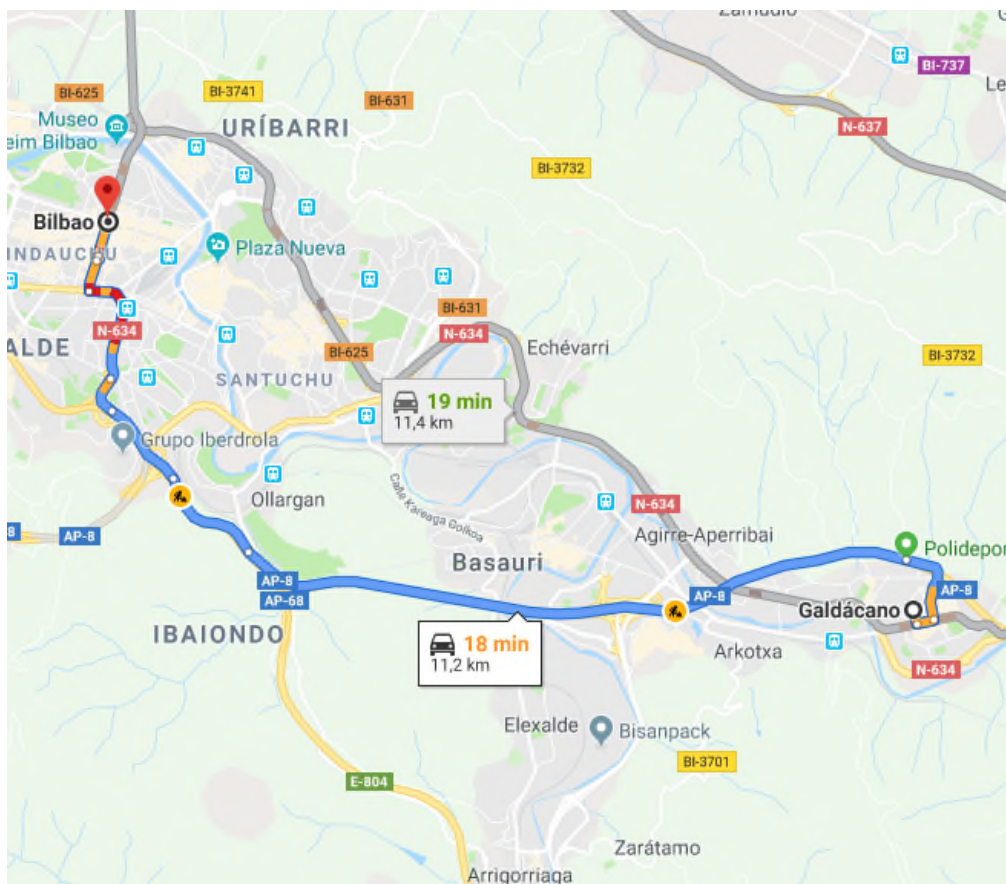
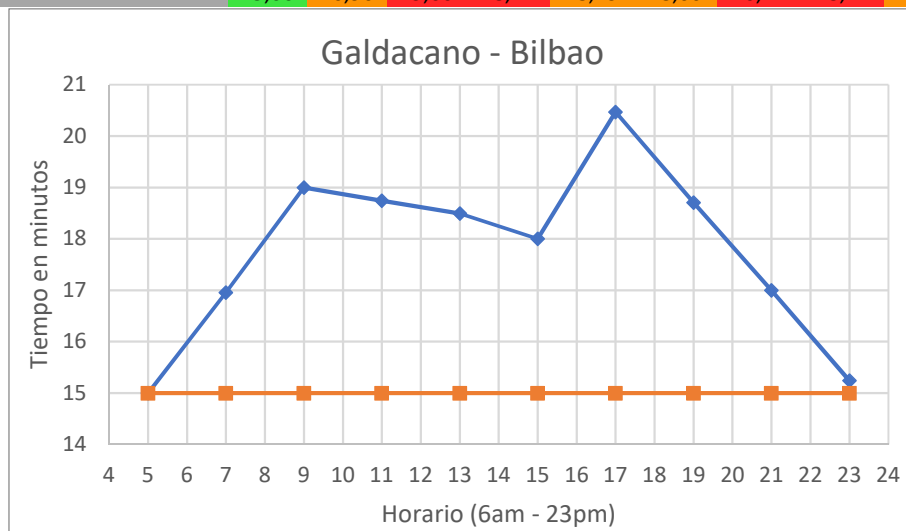


Ilustración 4-16. Galdacano - Bilbao (FUENTE: Google Maps)

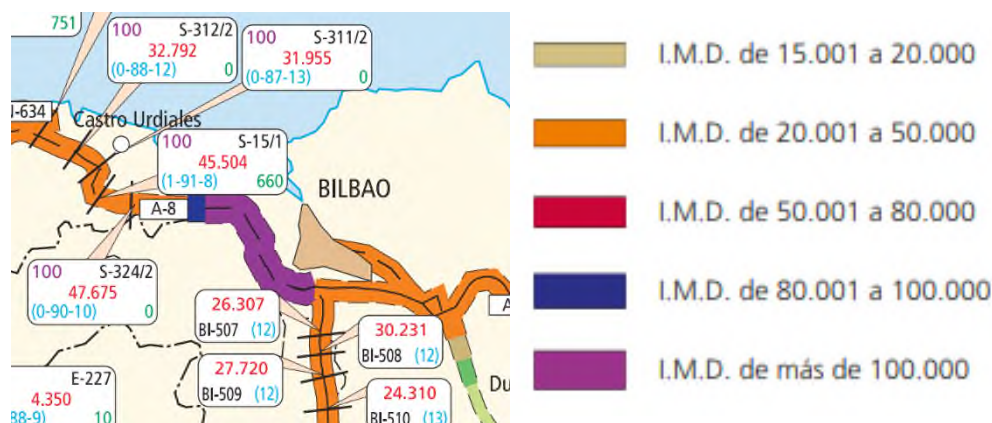
GALDACANO (AP-8)	5:00-6:30	7:00-8:30	9:00-10:30	11:00-12:30	13:00-14:30	15:00-16:30	17:00-18:30	19:00-20:30	21:00-22:30	23:00-7:00
	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3	VALOR 4	MEDIA	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3	VALOR 4	MEDIA
VALOR 1	15	16	19	18	19	18	19	21	17	16
VALOR 2	15	16	19	19	18	18	20	18	17	15
VALOR 3	15	17	19	19	19	18	21	18	17	15
VALOR 4	15	19	19	19	18	18	22	18	17	15
MEDIA	15,00	16,96	19,00	18,74	18,49	18,00	20,47	18,71	17,00	15,24



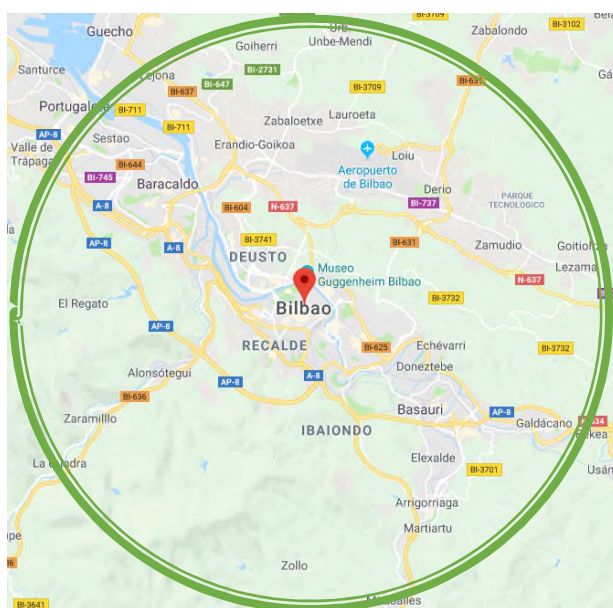
La línea de datos naranja representa el tiempo normal en llegar a destino.
La línea de datos azul representa el tiempo que se tarda en llegar a destino.

Del conjunto de datos expuesto se pueden sacar diversas conclusiones:

1. En la comunidad del País Vasco se generan más atascos que en la comunidad de Cantabria. Obviamente, esto es debido en gran parte a que la concentración laboral de la provincia de Vizcaya se encuentra en el centro de Bilbao y en Cantabria se reparte entre Santander y alrededores, incluida Torrelavega.



2. Las localidades al este de Bilbao tienen acceso a la capital por la autovía A-8, esta carretera supera su capacidad en las horas punta, aun así, el problema no es tan grave como el que experimentan las vecindades del Este como pueden ser Basauri y Galdacano, ya que, aunque tengan dos vías similares para alcanzar el centro (AP-8 y BI-631) ambas llegar a ralentizarse bastante debido a la cantidad de vehículos.
3. El núcleo de atascos en las entradas y salidas de Bilbao tiene un alcance de ± 12 kilómetros.



Intentando buscar una explicación al por qué de los atascos en la zona este son mayores, se puede llegar a una primera conclusión:

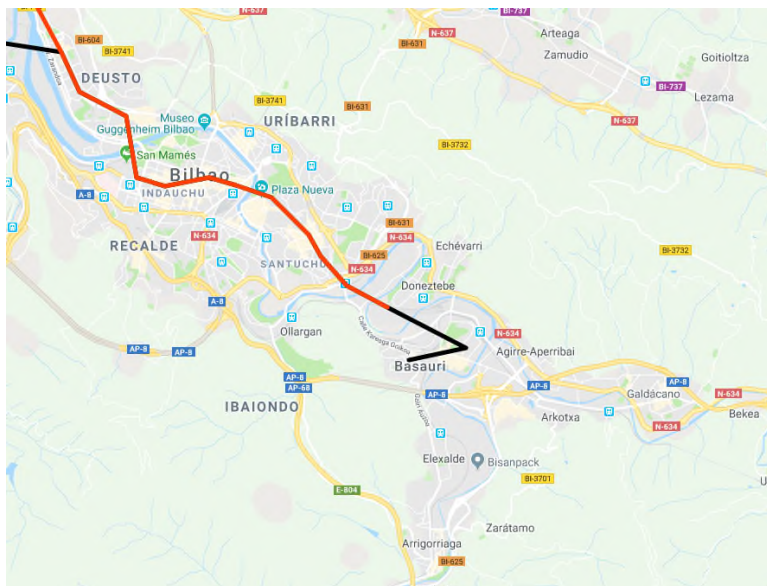


Ilustración 4-19. Líneas de Metro de Bilbao

Las líneas de metro en provincia de Vizcaya terminan en Basauri, esto quiere decir que los habitantes de Galdacano tienen varias opciones:

- *Coche hasta el centro*: lo cual incrementaría los atascos.
- *Coche hasta Etxebarri + Metro*: sigue habiendo atascos.
- *Tren Cercanías + Metro*: La última parada es Bilbao-Bolueta, posteriormente se puede ir andando al centro de la ciudad (50 minutos) o parar en Basauri y hacer trasbordo con la Línea 1 del metro.
- *Autobús*: Frecuencia cada 30 minutos y acceso por la autovía (lo cual obliga al viajero a estar parado en los atascos igualmente).

De las conclusiones obtenidas se estudiarán diversas medidas que solucionen este problema. Por otra parte, en la zona Oeste la principal vía de acceso a la ciudad es la A-8.

4.2.4. Monetización del tiempo 'Perdido' en atascos

La tabla de Bilbao varía un poco en comparación con la de Santander ya que los valores del salario medio y minutos extras varían considerablemente. Estos son:

- El *salario medio de los vascos* (2018.67€, INE)
- *Minutos extra* pasados en retenciones del tráfico.
- Media de 22 días trabajados al mes.



Ilustración 4-20. Salario Medio Mensual en el País Vasco (FUENTE: INE)



Se trabajan una media de 176 (22*8) horas mensuales					
SUELDO		2526,48			
€/MINUTO		0,239			
EJEMPLO: CONJUNTO DE INDIVIDUOS DESPLAZÁNDOSE EN HORA PUNTA (I/V)					
ORIGEN	DESTINO	NORMAL	EXTRA	T. ATASCOS AL MES (IDA/VUELTA)	MONETIZACIÓN
Baracaldo	Bilbao	12,75	3,25	143	34,21
Basauri	Bilbao	14	4,5	198	47,37
Portugalete	Bilbao	15,2	5,8	255,2	61,06
Galdacano	Bilbao	15	3,5	154	36,84
Guecho	Bilbao	14	3,75	165	39,48

De forma similar, se procede a analizar los resultados:

- Los tiempos base de trayecto de Ida o Vuelta se representan en la tercera columna y son la línea base naranja de los datos representados en el apartado anterior.
- El tiempo extra es la media de tiempo que se pierde en cada trayecto. Como dato empírico que tiene un gran rango de posibles valores se puntualiza que existe un error de ± 8 minutos en el caso de Bilbao.
- El tiempo pasado en atascos al mes duplica la columna del tiempo extra (para convertirlo en Ida y Vuelta) y lo multiplica por 22 días que es la media de días laborables al mes.
- La última columna es el resumen de la tabla y devuelve el valor en euros del tiempo perdido en el atasco al mes. Teniendo en cuenta el error que arrastramos de los minutos antes recogidos, podemos añadir que el cálculo siempre será aproximado, pudiendo invertir $\pm 84,13€$ al mes por este motivo ($8*2*22*0.239$).

Se puede observar que los tiempos perdidos en la provincia de Vizcaya son superiores a los de la comunidad Cantabria. Aunque los sueldos sean mayores, el tiempo perdido también lo es y, por ejemplo, en un trayecto de ida y vuelta Getxo – Bilbao, cuando normalmente se pierden alrededor de 8 minutos extra en retenciones, el gasto aumenta a 30.16€ al mes; si en ese mes las retenciones aumentasen el tiempo al máximo, ese coste aumentaría a $30.16+63.36=93.52€$ mensuales. Con esta aproximación se puede observar que las cantidades no son despreciables.

Sumado al coste monetario se deben tener en cuenta las actitudes de los viajeros frecuentes ya que los atascos no solo producen gastos tangibles, si no que la personalidad de cada uno y la forma de afrontarlos puede generar desde estrés hasta problemas cardiovasculares.

5. Planteamiento de medidas

5.1. Descripción y Aplicación de las Medidas

En el estudio se encuentran dos ciudades muy diferentes, tanto en habitantes como en accesibilidad. El estudio de diferentes metodologías servirá para poder aplicar unas u otras a Santander o Bilbao. A continuación, se describirán las más acordes al caso planteado.

Las medidas que se recogen a continuación están escogidas en base a la posible implantación en el proyecto de control del tráfico. La descripción de las medidas más adecuadas se presenta a continuación y, posteriormente, se realizará una selección adecuada para cada escenario. La recopilación de estas medidas se ha basado en una situación de mínimo impacto económico y técnico.

5.1.1. Park&Ride (Aparcamientos Disuasorios)

Esta opción es la más comúnmente usada en situaciones parecidas a las del caso a estudio. La ingeniería detrás del sistema 'Park&Ride' consiste en la habilitación de espacios para poder aparcar los automóviles y tener un acceso directo al centro de la ciudad mediante transporte público. De esta forma se consigue aligerar el tráfico en las principales arterias comunicativas, dejando paso a un transporte público más amplio y eficiente.

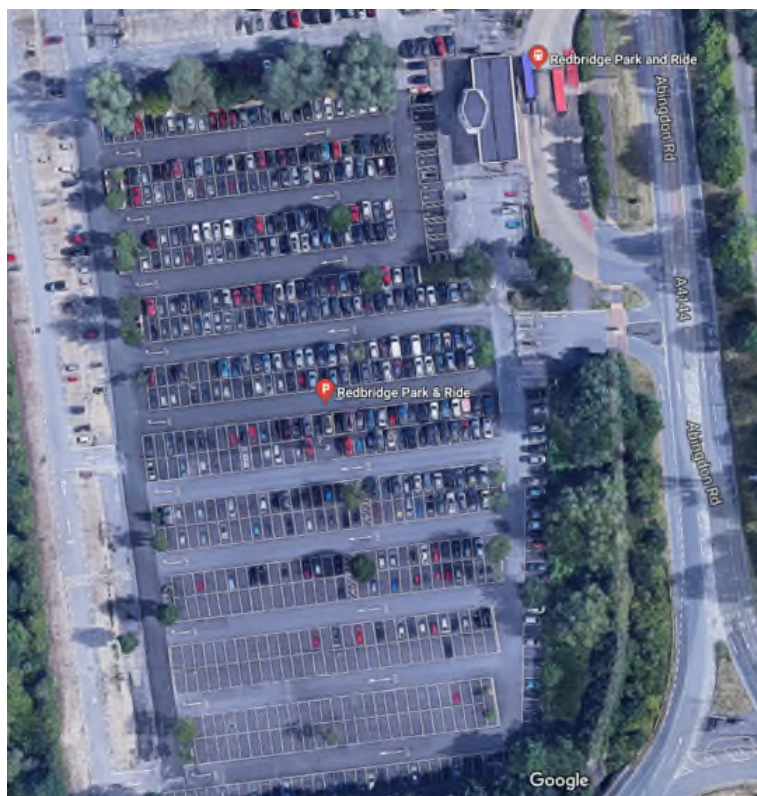


Ilustración 5-1. Park&Ride en Oxford (UK). (FUENTE: <https://www.google.com/maps>)

La medida podría implantarse de forma totalmente gratuita para el usuario, tanto el aparcamiento, como el acceso al transporte público. Podrían alterarse ambas alternativas, pagando por una, por otra, o por ambas. El tamaño del aparcamiento depende de las personas que se desplacen al centro de la ciudad todos los días.

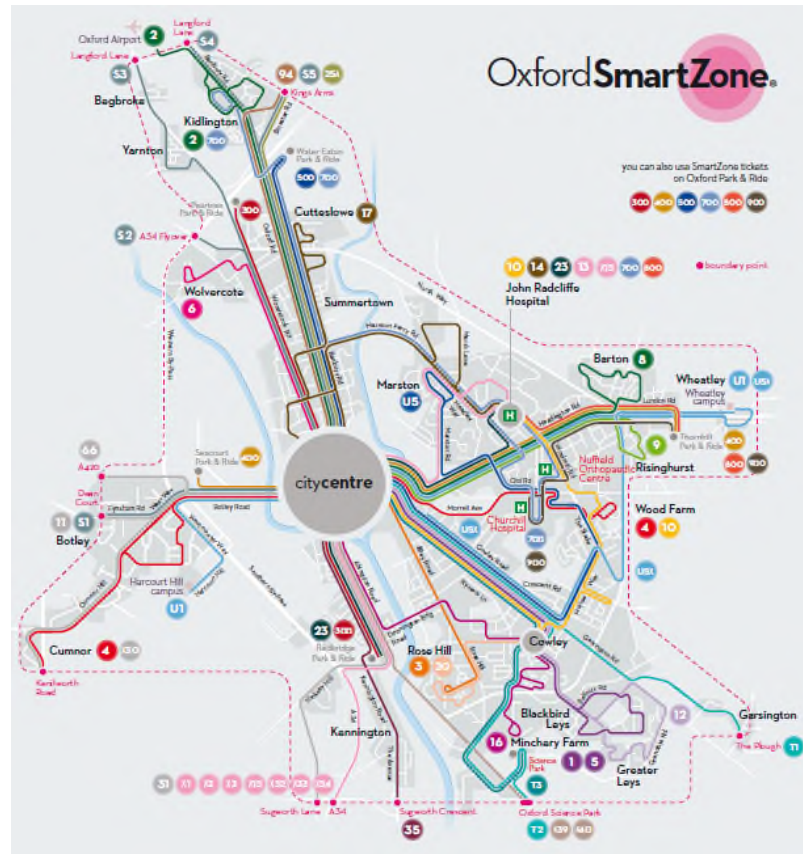


Ilustración 5-2. Esquema de líneas de autobús en Oxford. (FUENTE: <http://www.transportparadise.co.uk/2014/05/an-excellent-bus-network/>)

Por ejemplo, en el ejemplo arriba mostrado de Oxford (~150.000 habitantes) se pueden encontrar más de diez P&R con acceso directo a la ciudad mediante transporte público.

Podemos observar como en el planning de las líneas de autobús de la 'Oxford Smart Zone' se incluyen las líneas 300, 400, 500, 700, 800 y 900 que dan acceso directo a los Park&Ride. En este ejemplo se han basado más ciudades que quieren prohibir el acceso a automóviles privados al centro de la ciudad para preservar la integridad del entorno y mantener un sistema de transporte sostenible.

Para la elección de los correctos espacios para construir estos aparcamientos se deberían ver los sitios más idóneos en cada ciudad. Teniendo en cuenta:

- Espacio de fácil acceso y relativamente lejos del centro de la ciudad.
- Excelente conectividad con transporte público.



Ilustración 5-3. Oxford Centro Ciudad; cero emisiones.

5.1.1.1. Park&Ride en Santander

Como se ha estudiado en los apartados anteriores, esta es una de las soluciones más lógicas ya que el principal núcleo de atasco comienza en la entrada de la ciudad y la mejora de las conexiones terrestres (autovías y carreteras nacionales) no llevaría a una gran bajada en el tráfico que entra a la ciudad.

Este sistema sería el más adecuado para incluirlo en algún punto de la A-67, por donde entra todo el tráfico desde Torrelavega y Bezana y se producen las principales congestiones. Idealmente es donde la S-10 (la cual viene desde Bilbao y pasa por Solares y Astillero) se corta con la A-67 (Bezana y Torrelavega)



Ilustración 5-4. Principales entradas a la ciudad (A-67, S-10) y mayores municipios (Camargo, Bezana, Astillero). (FUENTE: Google Maps)

Otros espacios adecuados se muestran en la siguiente imagen:



Ilustración 5-5. Posibles espacios adecuados para la instalación del aparcamiento (FUENTE: Google Maps)



Ilustración 5-6. Alternativas de ubicación del P&R

Ambas ubicaciones tienen un inconveniente. El círculo amarillo situado más al norte representa el parque de la Marga, lo cual obligaría a construir un parking subterráneo. El círculo amarillo más al sur ocupa terreno propiedad del Puerto de Santander. Aun así, el poder construir un parking daría acceso a crear una estación intermodal con la estación de FEVE (círculo azul).

Los acceso a la ciudad podrían efectuarse:

- Por bicicleta; con la ampliación de la senda ciclabe existente en la Calle Marqués de la Hermida hasta los Jardines de Pereda (alrededor de 2 kilómetros).
- Por un posible Shuttle directo al centro de Santander.



Ilustración 5-7 Conexión Senda Ciclista

Para la estimación de costes para la construcción del aparcamiento se tendrá un presupuesto de:

Nueva construcción: 500.000€

El coste de mantimineto del aparcamiento será de:

Coste mantenimiento: 100.000€/año

Para el cálculo de ingresos se han estudiado situaciones más o menos comunes junto a posibles costes razonables para el usuario. Se han estudiado diversas opciones, enumeradas en siguiente tabla (El coste es anual por usuario).

Tabla 5-1. Costes Diferentes Servicios

PRECIO APARCAMIENTO DISUASORIO	AÑO
1,00 € / día (entre semana)	250,00 €
1,50 € / día (fin de semana)	156,00 €
COSTE BICICLETA PÚBLICA	AÑO
1,00 € / día	250,00 €
COSTE T.U.S SANTANDER	AÑO
0,66 € / trayecto	330,00 €

Podrían estudiarse diferentes alternativas como:

- Ofrecer **Shuttle gratuito** al foco céntrico más demandando.
- Ofrecer **descuento** por el uso de **P&R + Transporte Público**.

- Ofrecer **descuento** por el uso de **P&R + Bicicleta Pública**.

También se han realizado unos simples cálculos que estudian la situación desde el punto de vista del potencial usuario del aparcamiento disuasorio:

Tabla 5-2. Costes Diferentes Servicios

COSTE O.L.A. (INVIABLE)	AÑO
1,45 € / 2 h	xx €**
PARKING	AÑO
60,00 € / mes	720,00 €

*El aparcamiento en zona O.L.A. queda restringido a dos horas por cada zona de aparcamiento, teniendo que cambiar el coche de calle cada ese periodo de tiempo. Se pagaría un coste anual (para una jornada de 8 horas, pagando la cuota 4 cuatro veces) de 1.450€.

Se escogerá el mínimo de dinero perdido en atascos al mes (Bezana) y el máximo (Castro Urdiales) y se calculará una media de dinero perdido en atascos para los conductores que llegan a Santander mensualmente.

Tabla 5-3. Extraídos del apartado 4.1.4. Monetización del tiempo 'perdido' en atascos

Monetización Atasco	
Mínimo: BEZANA (Sólo ida)	AÑO
17,57 € / mes	210,84 €
Máximo: CASTRO URDIALES (Sólo ida)	AÑO
38,38 € / mes	460,50 €

La media de dinero **perdido en atascos** será de:

$$\frac{210,84 + 460,50}{2} \cong 336 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

- La alternativa **Aparcamiento Disuasorio + Bicicleta** sería:

$$250 + 250 = 500 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

(El uso o no del aparcamiento los fines de semana no se tiene en cuenta en el gasto para el trabajador ya que el aparcamiento se usaría entre semana)

P&R + BICICLETA VS ALTERNATIVA ACTUAL		
500,00 €	<<	720 €
DINERO MEDIO PERDIDO EN ATASCOS		
336 €		
BENEFICIO:		476 €

- La alternativa **Aparcamiento Disuasorio + T.U.S. (Autobús)** sería:

$$250 + 330 = 580 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

P&R + T.U.S. VS ALTERNATIVA ACTUAL		
580 €	<<	720 €
DINERO MEDIO PERDIDO EN ATASCOS		
336 €		
BENEFICIO:		388 €

Como se puede observar, el cálculo es bastante genérico, y en el caso de Bezana, el beneficio es menor, en cambio, para los usuarios que se desplacen desde Castro Urdiales, el ahorro sería mayor. (±130 € de media)

La posible utilización por otros usuarios del aparcamiento, tanto entre semana, como para los fines de semana, aumentaría el valor del aparcamiento, generando más ingresos.

De la misma forma, podría incentivarse el uso del autobús rebajando el precio del trayecto al usar como origen y destino la estación del aparcamiento.

5.1.1.2. Park&Ride en Bilbao

En el caso de Bilbao el estudio del Park&Ride ya se ha efectuado, ya existen tres conectados a la red de Metro de Bilbao y se plantea la construcción de más a lo largo del tiempo. Se encuentran en Leioa, Etxebarri y Ansio. El correo de Bizkaia publicó una noticia el 19 de marzo de 2019 donde se resumía el uso de estos aparcamientos en los últimos años desde su construcción (2012). Pese a no tener los resultados deseados en un principio, el incremento en el uso de los mismos asciende constantemente y se prevé que el uso se globalice con el paso del tiempo.

5.1.2. Sendas Ciclables

La construcción de una correcta red de sendas ciclables ayudaría a reducir el número de coches que entran en la ciudad a lo largo del día. Existen casos muy exitosos como Dinamarca donde el número de bicicletas que entra a Copenhage supera al de los coches (www.inhbitat.com, 2017) o Londres que pretende construir más de 400 kilómetros de rutas ciclistas para 2014 (www.tfl.gov.uk, 2019).

De todas formas, este es uno de los principales caminos que se están llevando a cabo a la hora de construir infraestructuras más sostenibles para las ciudades. Además de los beneficios que hacer deporte y usar la bicicleta conlleva existen diversos estudios que dictaminan que para recorridos menores de 5 kilómetros usar la bicicleta es la forma más eficiente de transportarse, sobre todo, cuando existen atascos importantes. (www.bikecitizens.net, 2017).

5.1.2.1. Sendas Ciclables en Santander

Para la ciudad de Santander el estudio de las rutas ciclistas no es tan necesario como para el caso de Bilbao que se verá más adelante. El plan de movilidad de Santander es completo y, no solo con las existentes, también con las redes futuras, la ciudad se cubre completamente de tramos ciclistas seguros y viables.

En el documento oficial del Ayuntamiento de Santander - http://www.cantabriaconbici.org/wp-content/PMCS_MEMORIA.pdf se pueden observar los planes actuales y futuros de la red viaria para ciclistas de la ciudad.

5.1.2.2. Sendas Ciclables en Bilbao

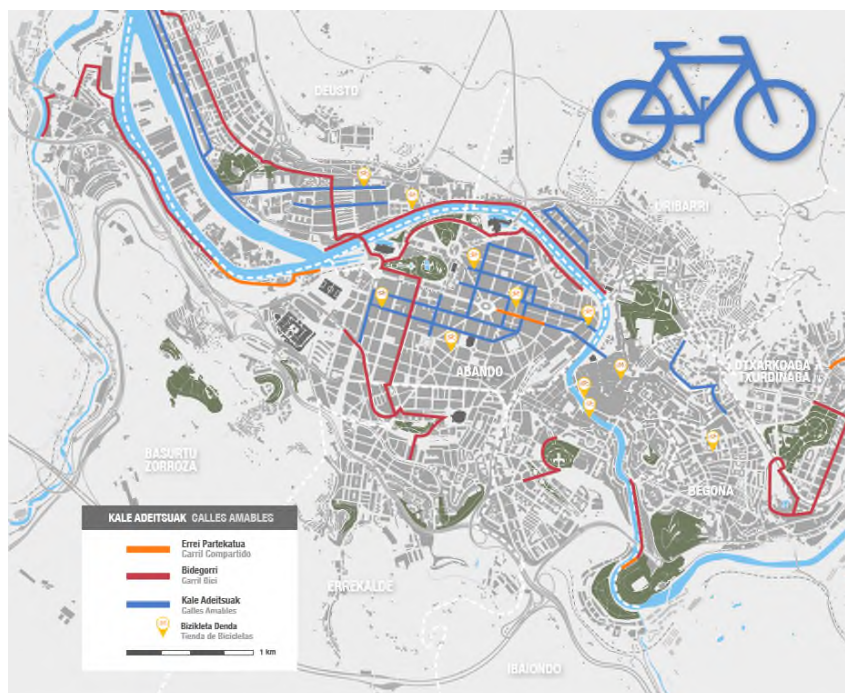


Ilustración 5-8. Mapa de Rutas en Bicicleta para la ciudad de Bilbao y alrededores. (FUENTE: <http://www.biziosona.com/2015/09/22/mapa-de-calles-amables/>)

En la leyenda se puede ver que el color rojo corresponde a los Carriles Bici. Se observa que son bastante escasos y que las comunicaciones que ofrecen son limitadas. El diseño de una nueva red ciclista debería ser de prioridad alta, a la vez que un aumento de bicicletas para alquilar y una campaña de concienciación para los conductores de vehículos de motor.

En la imagen 5-11 se observa que al este hay una línea existe que conecta Getxo con el centro de Bilbao, en cambio, de Portugalete – Sestao – Barakaldo no existe esa continuidad, esta se complementa con un carril compartido que finaliza antes de llegar al centro de Bilbao y que no tiene las condiciones ideales para su utilización por los ciclistas.

Por otra parte, aunque esto también ocurre para los viandantes y vehículos, no existe una conexión directa con Getxo (Al otro lado de la ría) y lo ideal sería incluir un paso, tanto para ciclistas, como para coches, para facilitar el flujo entre ambos y no congestionar más la A-8.

Al este la situación no mejora y no existe ninguna ruta, ni al noroeste, ni al suroeste, que conecte el centro de la ciudad con vecindarios tan cercanos como Uribarri (a escasos 3 km), Begoña (2 km), Santuchu (3km) y, mucho menos, a Basauri o Galdakao. Siendo Begoña y Santuchu dos de los barrios residenciales más importantes de Bilbao, se debería pensar en una senda ciclista que cubriese toda esta zona interior de la ciudad.

En el sur la situación empeora aún más y no existe ni carril bici, ni carril compartido, ni calles amables, que conecten ambos sitios.

En la siguiente imagen 5-12 se muestran los principales flujos de movimiento para tener espacios más conectados con la ciudad. La movilización es clara: de las comunidades adyacente a Bilbao hacia el centro.

Las rutas con prioridad alta serían:

1. Santuchu – Abando
2. Rekalde – Amézola – Abando
3. Portugalete – Sestao – Barakaldo – Abando
4. Galdakao – Basauri – Abando

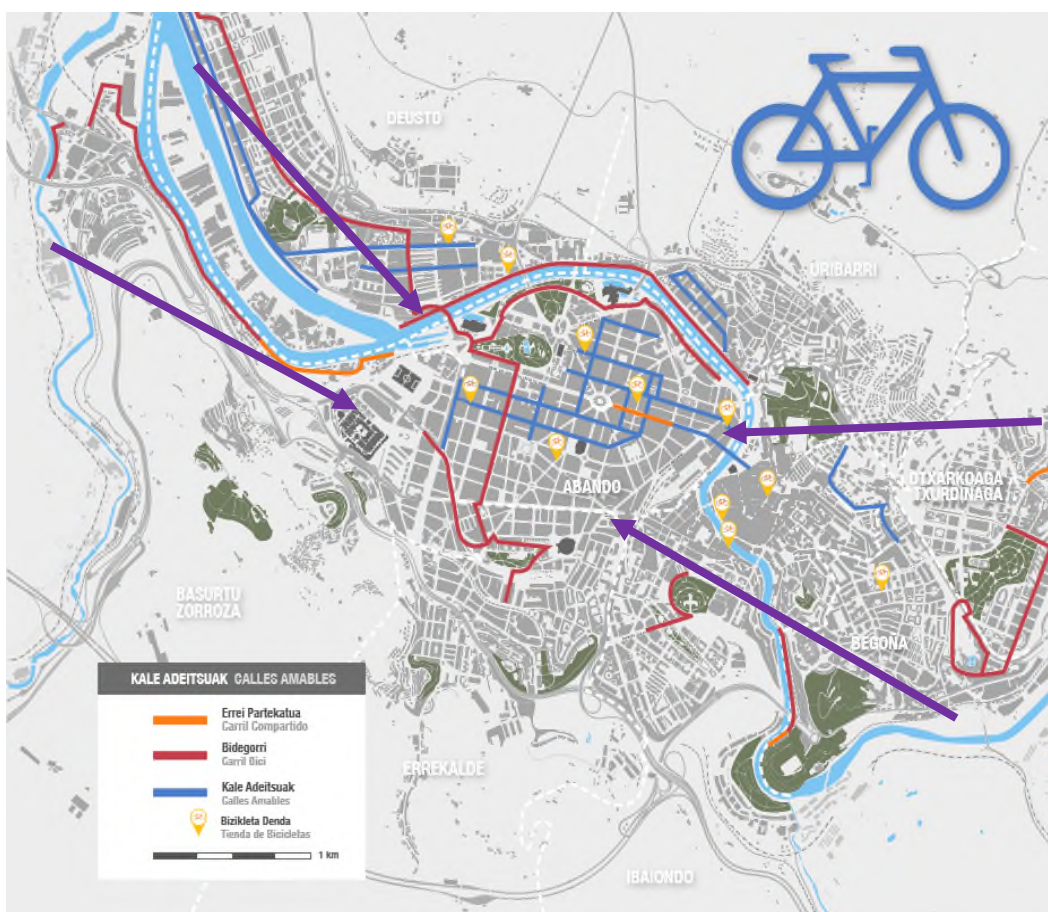


Ilustración 5-9. Rutas ciclistas necesarias en Bilbao (Elaboración Propia)

Se escogerán costes medios de construcción y se generarán varios presupuestos para las líneas antes seleccionadas.

1. Santuchu – Abando



Ilustración 5-10. Recorridos a pie Santuchu – Abando (FUENTE: Google Maps)

El principal recorrido que se estudia es Santuchu – Abando, existen varios recorridos a pie viables compatibles con un recorrido para bicicletas, sin embargo, el recorrido más al norte se descarta por atravesar el casco viejo de la ciudad.

Las dos opciones restantes bordean el río y atraviesan el mismo puente. El trayecto final es de aproximadamente 2.5 kilómetros y pasa por la estación de trenes de Bilbao, las calles que se recorren son anchas y existen aparcamientos que se podrían eliminar o aceras lo suficientemente grandes como derivar el espacio correspondiente para incluir el carril-bici en ellas.

A la vez que se estudian los potenciales carriles y zonas a conectar se deben estudiar dónde colocar los aparcamientos para las bicicletas y crear una zona segura y accesible para colocar las bicicletas de alquiler del Ayuntamiento y las privadas.

2. Rekalde – Abando



Ilustración 5-12. Recorridos a pie Rekalde - Abando (FUENTE: Google Maps)

Al igual que en la situación anterior, las condiciones son óptimas (calles anchas con suficiente acera) para poder construir el carril bici con la menor obra de intervención posible.

El estudio de los presupuestos de los diferentes trayectos se realizará teniendo esto en cuenta (tener que intervenir lo menos posible en acondicionamiento del terreno).

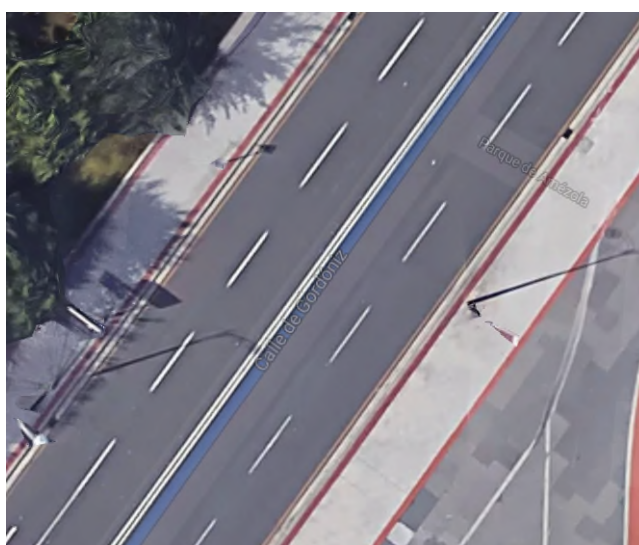


Ilustración 5-11. Ejemplo tramo de carretera.

3. Portugalete – Sestao – Barakaldo – Abando

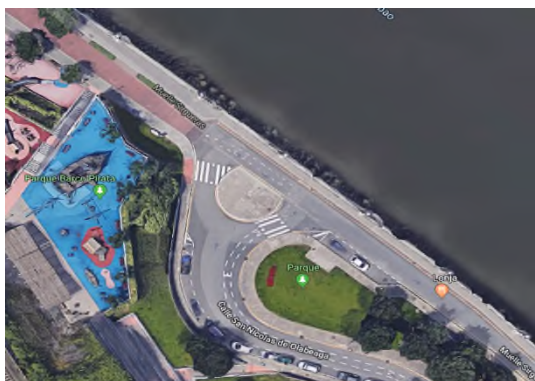


Ilustración 5-13. Finalización Carril-Bici (Olabeaga)

La continuación del carril bici que une Portugalete con Abando se muestra en la siguiente imagen. Este recorrido podría unirse al que viene de Getxo y hacer el mismo trayecto para acceder al centro de la ciudad.

Serían 1.4 kilómetros extra de carril bici que uniría la zona del museo Guggenheim la conexión del oeste.

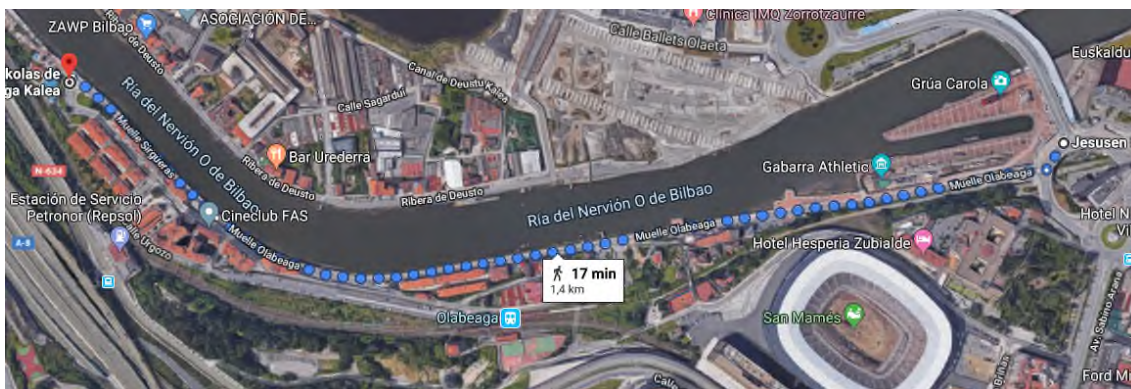


Ilustración 5-14. Recorrido a Pie Olabeaga - Carril Bici Getxo

4. Galdakao – Basauri – Abando

Esta línea no es tan esencial como las anteriores, pero su construcción supondría una conexión directa entre comunidades y con la ciudad.



Ilustración 5-15. Recorrido a pie Galdakao -Basauri - Abando (FUENTE: Google Maps)

Teniendo en cuenta una media de **195.000 euros por kilómetro construido.**

Tabla resumen de los resultados obtenidos.

Trayecto	Kilómetros	Precio €
Santuchu – Abando	2.5	487.500
Rekalde – Abando	2	390.000
Portugalete – Abando	1.5	292.500
Galdakao – Abando	10	1.950.000

La rentabilidad a 25 años del carril bici incluyendo una flota de 10.000 bicicletas a un precio de 400€ para alquilar por 1€/día se verá en el apartado correspondiente.

5.1.3. Reforzar la flota para el Transporte Público

En el caso de Santander sería modificar la ruta de autobuses, intentando mejorar la eficacia del transporte. En el caso de Bilbao, aumentar hasta ciertas localidades las líneas existentes.

5.1.4. Campaña Transporte Público/Aparcamientos Disuasorios

Si bien es cierto que casi toda la comunidad conoce de la existencia de autobuses, tranvías o trenes que se dirijan hacia el mismo sitio, o algún lugar cercano, a su destino, son pocas las personas que se deciden a dar el paso por sí misma y dar el cambio en sus métodos de transporte. Ya sea por desconocimiento, inseguridad, incomodidad o costumbrismo la mayoría de las personas que se desplazan a la ciudad no se ven lo suficientemente atraídas por el cambio.

La solución es más o menos sencilla, las campañas publicitarias es una de las grandes armas que pueden cambiar la forma de ver de estos viajeros. Existen distintos estudios a lo largo del globo que muestran como captar la atención de los usuarios de transporte privado para que se cambien al transporte público o como potencias las cualidades del transporte público para que los trabajadores den el paso (incluidos en los anexos del Capítulo 5).

5.1.4.1. Campaña Transporte Público en Santander

Esta es una de las medidas comunes que requieren menos recursos y cuyo impacto puede ser crucial para la disuasión del cambio modal hacia las personas escogidas.

5.1.4.2. Campaña Transporte Público en Bilbao

Como en el caso de Santander, la incorporación de una campaña a favor del Transporte Público enfocada en los individuos que utilizan el coche privado como método de transporte potenciaría el uso del mismo (al igual que el de los aparcamientos disuasorios). El coste de la campaña escogida será el mismo que para el caso de Santander al igual que su alcance y objetivos. Se trata de anunciar a lo largo de la ciudad, mediante marketing visual, los beneficios de usar el transporte público.

5.1.5. Zonas Delimitadas al Tráfico (ZDT y Peajes Automáticos)

“La Fundación de Estudios de Economía Aplicada (Fedea) plantea el cobro de peajes para acceder a Madrid y Barcelona en horas punta a fin de paliar los problemas de atascos y de contaminación atmosférica, como ya hacen ciudades como Londres, Estocolmo, Milán y Oslo, entre otras.” [1] Este artículo que se puede visitar en www.lavanguardia.com resume las necesidades de acotar una zona en la ciudad libre de contaminación y tráfico.

A lo largo de los años la migración interior en España tiene un claro objetivo y este son: las grandes ciudades. Madrid, Barcelona y Valencia son las ciudades que más aumento experimentan desde hace años, la razón está clara: la falta de trabajo en las zonas más rurales y ciudades pequeñas. La industria siempre se ha visto más favorecida en grandes ciudades y los trabajos se mantienen o crecen en estas comunidades.

Saldo migratorio entre comunidades autónomas. Año 2017

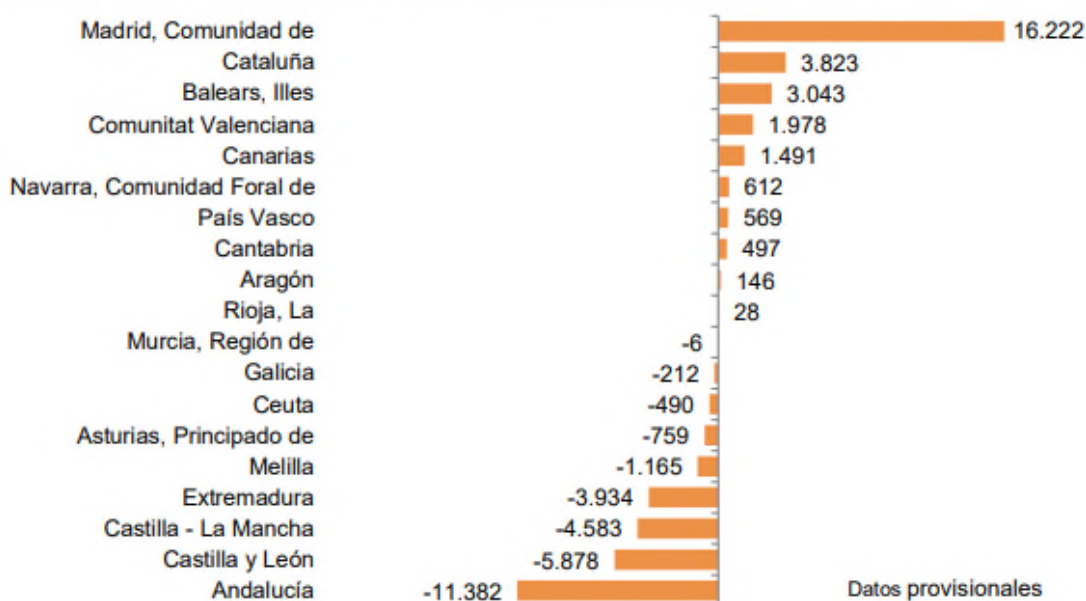


Ilustración 5-16. Saldo migratorio entre comunidades autónomas. Año 2017.

[FUENTE>E: https://www.ine.es/prensa/cp_e2018_p.pdf]

Teniendo esto en cuenta, se podrían relacionar estos datos con los del crecimiento del parque móvil. Si cada vez viven más personas en las grandes ciudades y el tener en propiedad un vehículo propio también aumenta... Se puede especular con el hecho de que son las ciudades las que reciben cada vez más coches. Datos objetivos como los encontrados en La Vanguardia [2] o Levante [3], confirman esta afirmación.

Por lo tanto, tenemos unas ciudades obsoletas en cuanto a diseño para poder sostener tanta cantidad de automóviles y con tendencia a eliminar ciertas infraestructuras. Cabe reseñar el camino que están tomando ahora los urbanistas y diseñadores de espacios donde las zonas verdes y peatonales son cada vez más instauradas y el auge de los coches eléctricos que en un futuro sustituirán los coches convencionales.

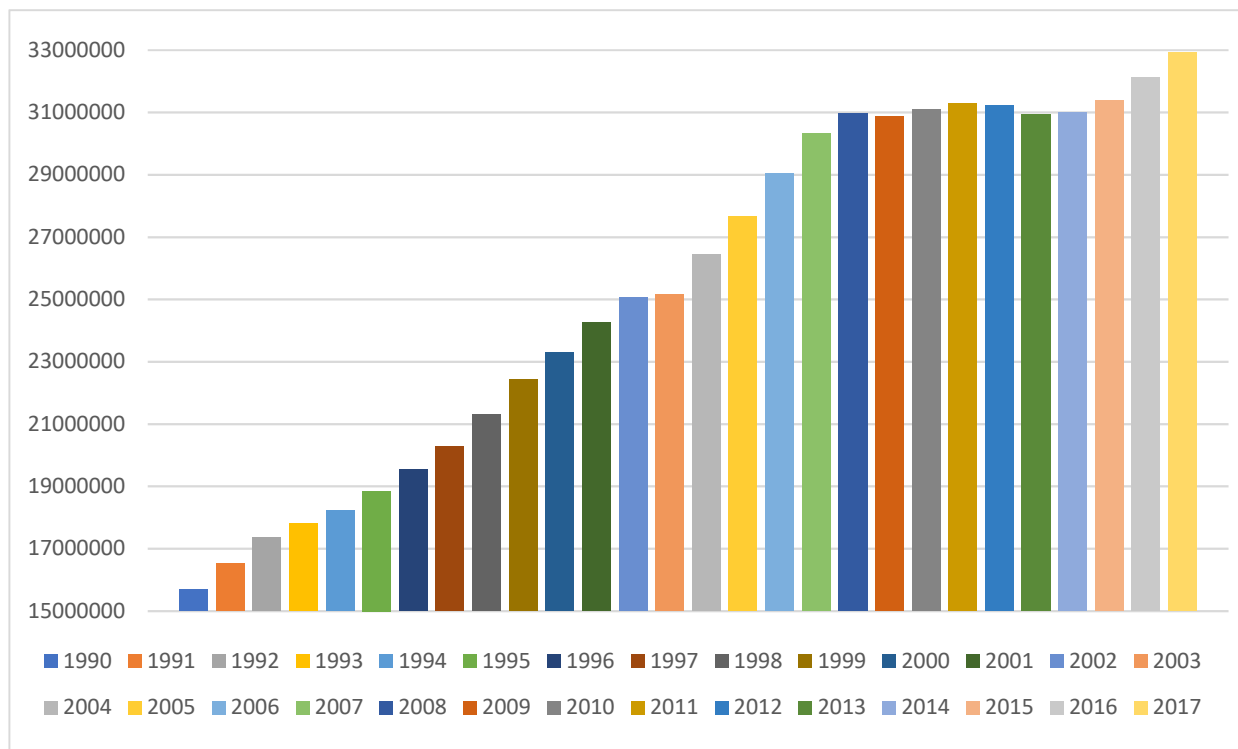


Gráfico 5-1. Series Históricas - Parque de Vehículos en España. (FUENTE: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/series-historicas/>)

Pero, hasta que esto sea una realidad se deben tomar medidas para reducir el uso del coche en estas grandes ciudades. Una de las posibles soluciones sería una zona delimitada de cobro automático cada vez que se quiere recorrer cierta zona de especial uso peatonal o de interés visual. Son varios los casos exitosos, por ejemplo, la 'Charging Zone' de Londres que tuvo resultados muy favorecedores.

El 17 de febrero de 2003, entró en vigor el esquema de cobro por congestión de Londres. Los resultados preliminares muestran una respuesta significativa al cargo de £5 (US \$ 8). La congestión durante el primer año disminuyó en un 30%. Los niveles generales de tráfico dentro de la zona de carga cayeron un 16%. Las velocidades para viajar en automóvil aumentaron en más del 20%, y el viaje en autobús se volvió más eficiente. [4]

Si bien es cierto que el tamaño de la ciudad de Santander no es tan grande, ni su crecimiento tan elevado, convendría delimitar una zona de especial tratamiento. En cambio, en la ciudad de Bilbao es una solución muy interesante.

5.1.5.1. Peajes Automáticos en Santander

Si se quisiera incorporar algo menos extremo que prohibir el paso a todo vehículo no residente, sería la posibilidad de instalar peajes automáticos que por diversos rangos de precios darían acceso a la ciudad a cualquier vehículo. La Teoría de la Utilidad podría estudiarse en este caso, comprobando si el usuario racional (al verse incrementado el coste de su viaje) cambiaría a otro modo más económico y menos contaminante. Este es el método utilizado en Singapur que consiguió reducir en un 30% la cantidad de coches que entraban a la ciudad.



Ilustración 5-17. Posición Peajes Automáticos

Como se puede observar en la imagen, una posible solución sería delimitar únicamente la parte de la ciudad encuadrada entre La Avenida de los Castros – Calle Camilo Alonso Vega – Calle Jerónimo Sáinz de la Maza y las entradas por El Piquío y el parque de la Marga.

El estudio se basa en otras ciudades que tienen este tipo de sistema (Singapur, Londres...) y los precios varían dependiendo del servicio que creía esa persona/coche al entrar a la ciudad. Por ejemplo, para hacer un cálculo aproximado de la rentabilidad del proyecto, se han escogido los siguientes precios:

Residentes: un precio base económicamente viable sería de 50€/año. Los habitantes de Santander ascienden a 180.000 – se supone que el 25% no habita en el centro de Santander y que otro 35% no posee vehículo. Para el cálculo anual se tendría:

$$68.000 \text{ ciudadanos} * 50 \frac{\text{€}}{\text{año}} = 3.600.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Transportistas: Se escogería un coste reducido de 0.5€/día (durante 250 días laborables al año). Suponemos el 25% del IMD (90827) que circula por Santander diariamente pagaría esta cuota. El coste anual final sería:

$$22707 \text{ vehículos} * 0.5 \frac{\text{€}}{\text{día}} * 250 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 2.838.343.8 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Trabajadores: Para el cálculo aproximado de este conjunto de individuos se ha supuesto una cantidad del 25% del IMD. Con ello, anualmente tendríamos:

$$22707 \text{ vehículos} * 1 \frac{\text{€}}{\text{día}} * 250 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 5.676.687,5 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Respecto al coste de construcción de los nuevos peajes, se ha decidido que un peaje valdría 200.000 euros construirlo e instalarlo, por lo tanto, 14 peajes:

$$14 * 200.000 = \mathbf{2.800.000 \text{ €}}$$

Se calcula un 30% del coste de construcción para el coste de la mano de obra:

$$30\% 2.800.000 = \mathbf{840.000 \text{ €}}$$

Suma total:

$$2.800.000 + 840.000 = 3.640.000\text{€} - \textbf{Redondeo: 4.000.000€}$$

Coste de mantenimiento:

$$\mathbf{1.000.000 \text{ €/año}}$$

El cálculo de rentabilidad económica se realizará en el apartado de rentabilidad correspondiente con a información plasmada.

5.1.5.2. Zonas Delimitadas al Tráfico en Santander

Otra opción, la cual se puede implementar en conjunto con las anteriores o por separado, sería la de crear una zona delimitada al tráfico. Las opciones son variadas, desde zonificar solamente las calles principales más céntricas (zona en rojo), incluir la zona más costera (zona naranja), o delimitar la ciudad por la Avenida de los Castros hacia el Sur (Zona Rosa).

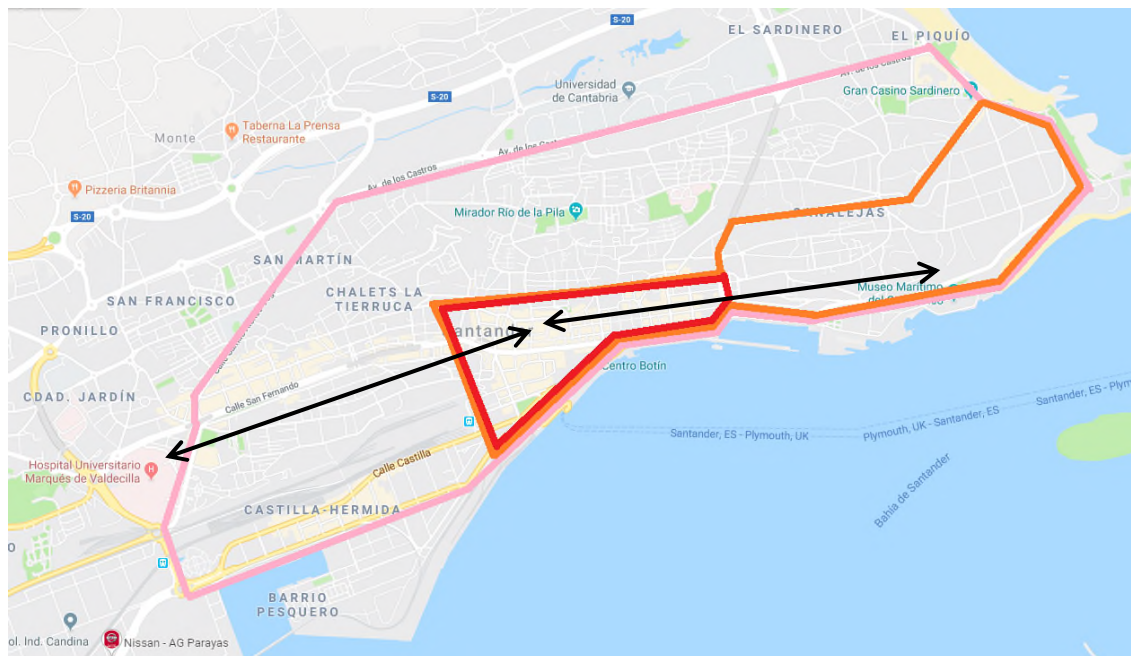


Ilustración 5-18. Zonas de Tráfico Restringido en Santander (elaboración propia)

El objetivo último de este método de control del tráfico es el de prohibir la entrada a la ciudad en determinadas franjas horarias o a determinados coches con características más desfavorecedoras (más contaminantes); por lo tanto, los ingresos que ofrece son

nulos y la rentabilidad económica no es viable, en cambio, se reduciría la contaminación, los atascos y los problemas generados de ellos en el ciudadano.

El precio de los radares y barreras para el control del tráfico sería el mismo que para el de los peajes automáticos, al igual que su ubicación. Las alternativas en la imagen (de la zona roja más pequeña, a la rosa, la más grande) obligan a colocar más o menos barreras en la ciudad.

Una media de 6 radares supondría un coste de:

$$6 * 100.000 = \mathbf{600.000€}$$

El coste de mantenimiento anual se supone de:

$$\mathbf{500.000€}$$

Lo cual supone un coste aproximado de 5.600.000€ para los próximos 10 años.

La inclusión de esta medida debería acompañarse de la construcción de ciertos parkings en las fronteras para la posible accesibilidad a pie de la ciudad. Siendo una ciudad pequeña y con las facilidades de transporte que ofrece (desde autobuses, escaleras mecánicas o el funicular del Río la Pila) la accesibilidad a pie es perfecta ya que las distancias a recorrer serían de menos de 3.5 kilómetros en todos los casos (las flechas negras de la ilustración marcan esas distancias que se recorren a pie en 25 minutos o, en transporte público, en menos de 5 minutos.

5.1.5.1. Peajes Automáticos en Bilbao

Para el estudio de los peajes automáticos en las entradas de la ciudad de Bilbao se verán las vías de entrada y salida con la herramienta Google Maps y se colocará un radar en cada vía.

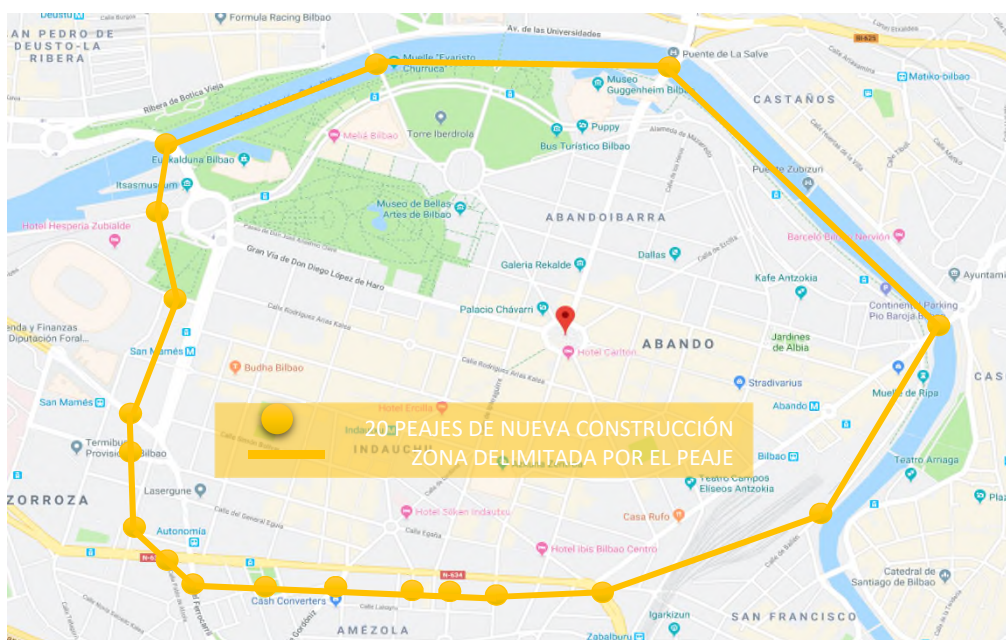


Ilustración 5-19. Posición Peajes Automáticos en Bilbao



Los puntos amarillos representan los peajes automáticos en las entradas de la ciudad. Las líneas amarillas delimitan la zona. El sistema es el mismo que el utilizado para la ciudad de Santander. El radar lee la matrícula en la entrada de la ciudad y se procede al pago de la cuota, podrá circular todo lo que se quiera por el centro, al día siguiente se volverá a pagar hasta que los radares en las salidas no registren que el vehículo no se encuentra en la zona.

Residentes: un precio base económicamente viable sería de 50€/año. Los habitantes de Bilbao ascienden a 352.600 – se supone que el 25% no habita en el centro de Bilbao y que otro 35% no posee vehículo. Para el cálculo anual se tendría:

$$141.040 \text{ ciudadanos} * 50 \frac{\text{€}}{\text{año}} = 7.052.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Transportistas: Se escogería un coste reducido de 0.5€/día (durante 250 días laborables al año). Suponemos el 25% del IMD (150000) que circula por Bilbao diariamente pagaría esta cuota. El coste anual final sería:

$$37.500 \text{ vehículos} * 0.5 \frac{\text{€}}{\text{día}} * 250 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 4.687.500 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Trabajadores: Para el cálculo aproximado de este conjunto de individuos se ha supuesto una cantidad del 25% del IMD. Con ello, anualmente tendríamos:

$$37500 \text{ vehículos} * 1 \frac{\text{€}}{\text{día}} * 250 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 9.375.000 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Respecto al coste de construcción de los nuevos peajes, se ha decidido que un peaje costaría 200.000 euros construirlo e instalarlo, por lo tanto, 20 peajes:

$$20 * 200.000 = 4.000.000 \text{ €}$$

Se calcula un 30% del coste de construcción para el coste de la mano de obra:

$$30\% 4.000.000 = 1.200.000 \text{ €}$$

Suma total:

$$4.000.000 + 1.200.000 = 4.200.000\text{€} - \textbf{Redondeo: 4.500.000€}$$

Coste de mantenimiento:

$$2.000.000 \text{ €/año}$$

El cálculo de rentabilidad económica se realizará en el apartado de rentabilidad correspondiente con la información plasmada.

5.1.5.2. Zonas Delimitadas al Tráfico en Bilbao

Se podrá estudiar la situación en la que la prohibición para entrar a la ciudad sea completa y las zonas restringidas sean completamente inaccesibles para los vehículos. Como ocurre con el Casco Viejo, la parte más nueva de la ciudad se vería cerrada al tráfico.

Diferentes opciones como en el caso de Santander se podrían barajar, en la imagen siguiente se muestran las diversas alternativas.



Ilustración 5-20. Zonas de Tráfico Restringido en Bilbao (Elaboración Propia)

Como en el caso de Santander, la zona restringida no supone más de 2 km de radio y los ciudadanos podrían circular libremente y llegar a sus destinos mediante transporte público, bicicleta o a pie.

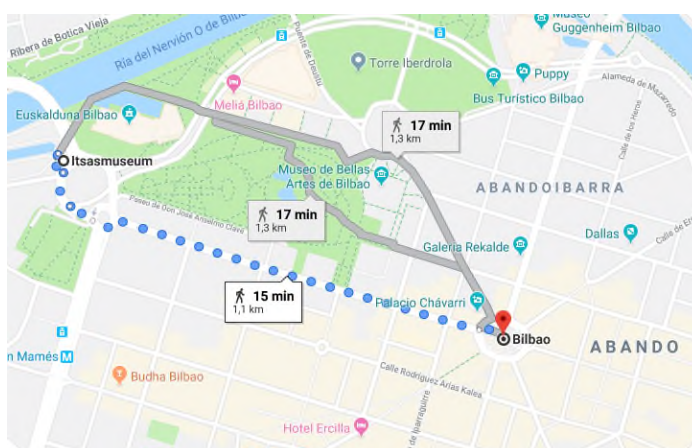


Ilustración 5-21. Radio zona tráfico restringido



5.1.6. Creación de Carril-Bus

La adecuación de un carril exclusivo para autobús o, en su defecto, taxis, motocicletas (incluso bicicletas eléctricas/segways) es una forma de incentivar el transporte público ya que agilizaría y acortaría los trayectos que en coche podrían estar más congestionados.

5.1.7. Construcción Línea de Metro hasta Galdacano

Esta es una medida que se está llevando a cabo actualmente. La llamada línea 5 del metro de Bilbao conectará Etxebarri con Galdakao. El metro actuará como tren de cercanías y tendrá los mismos tiempos de espera que la línea de metro L1 Y L2 ya que irán conectadas.



6. Rentabilidad de las medidas escogidas

El objetivo de este punto es estudiar la viabilidad económica del proyecto calculando el indicador económico-financiero VAN (Valor Actual Neto). El VAN consiste en un estudio de los ingresos y egresos de un proyecto, estudiando si después de descontar la inversión inicial aún quedan ganancias. Si es así, el proyecto es viable. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

- F_t – son los flujos de dinero en cada periodo t
- I_0 – es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)
- N – es el número de periodos de tiempo
- K – es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

Se recogerán los datos en una tabla Coste/Beneficio y se analizarán los resultados.

6.1. Medidas comunes

En este apartado se recogen aquellas medidas que se pueden adoptar en las dos ciudades por igual, sin importar el alcance del proyecto

6.1.1. Campaña Transporte Público/Aparcamientos Disuasorios

Esta medida en común consiste en una campaña de marketing que trata de fomentar el uso del transporte público, de los aparcamientos disuasorios (si los hubiese), de la utilización de la bicicleta (si se pudiese) y todos los beneficios que se extraen de los mismos.

Un simple cálculo de 10.000€ por instauración de la campaña y 5000€ de mantenimiento por los siguientes cinco años suma un total de:

$$TOTAL = 10.000 + 5.000 * 4 = 30.000€$$

30.000€ para cada campaña en cada ciudad durante 5 años.

6.2. Santander

En esta fase se estudian las medidas que se consideran más adecuadas para la ciudad de Santander.

6.2.1. Park&Ride

Para el cálculo de rentabilidad del aparcamiento disuasorio en la ciudad de Santander se han tenido en cuenta varios aspectos:

- El periodo de tiempo es de 25 años.
- El coste de construcción es de 500.000€ repartidos en dos años.
- El coste de mantenimiento es de 100.000€/año.



- Los ingresos están calculados respecto a los coches calculados en la tabla 6-2. Posteriormente, se estima que un 10% podría usar este aparcamiento (1600 vehículos)
- Se estima que 200 vehículos usarán el parking los fines de semana.

Tabla 6-1. Rentabilidad Park&Ride en Santander

ANUAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
COSTES																									
COSTE CONSTRUCCIÓN	250000	250000																							
COSTE MANTENIMIENTO			100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000	100000
INGRESOS																									
USUARIOS (ej. 800 a 250€ anuales)			200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000
FIN DE SEMANA (ej. 200 a 1,5)			600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
INGRESOS - COSTE	-250000	-250000	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600	100600
$VAN = B/(1+r)^t$	-238095	-2E+05	86902	82764	78823	75069	71495	68090	64848	61760	58819	56018	53350	50810	48390	46086	43891	41801	39811	37915	36110	34390	32752	31193	29707
VAN	765942																								

CÁLCULO USUARIOS IMD

Media de 16000 usuarios 'atascados', se calcula que el 5% escoja la opción de Park&Ride

- El mínimo interés del proyecto es del 5%.

Se obtiene un VAN de 307.146€, con lo cual, el proyecto es rentable.

Para el cálculo de coches que pasan por el centro de Santander en las horas punta del día se tiene en cuenta la IMD y los minutos que se tardan en llegar al centro. Los minutos extra serán proporcionales a los coches que quedarán atascados en esa hora.



Tabla 6-2. Cálculo coches atascados

SANTANDER A-67 + S-10	HORAS	Tiempos	% Respecto	%*IMD	Corrección	Corrección Suma IMD	Usuarios 'Atascados'
		De	Al total	Coches por	Franja		
		Recorrido	De Minutos	Hora	Horaria		
	0	13	3,54%	3217	908	908	
	1	13	3,54%	3217	908	908	
	2	13	3,54%	3217	908	908	
	3	13	3,54%	3217	908	908	
	4	13	3,54%	3217	908	908	
	5	13	3,54%	3217	1817	1817	
	6	13	3,54%	3217	3217	3936	
	7	14	3,81%	3465	3465	4239	
	8	14	3,81%	3465	3465	4239	
	9	16	4,36%	3960	3960	4844	
	10	18	4,90%	4455	4455	5450	16046
	11	18	4,90%	4455	4455	5450	
	12	17	4,63%	4207	4207	5147	
	13	17	4,63%	4207	4207	5147	
	14	17	4,63%	4207	4207	5147	
	15	17	4,63%	4207	4207	5147	
	16	16	4,36%	3960	3960	4844	
	17	17	4,63%	4207	4207	5147	21193
	18	18	4,90%	4455	4455	5450	
	19	18	4,90%	4455	4455	5450	
	20	17	4,63%	4207	4207	5147	
	21	15	4,09%	3712	3712	4541	
	22	14	3,81%	3465	3465	4239	
	23	13	3,54%	3217	908	908	

IMD	90827
-----	-------

vehículos/día

MÍNIMO	0,01
--------	------

Esta tabla representa la cantidad de coches atascados en las horas punta del día (En entre las 10:00-12:00 y 17:00-20:00, celdas rellenadas en verde).

- COLUMNA 1: Representa las horas del día.
- COLUMNA 2: Tiempos de recorrido (Astillero-Santander). El trayecto escogido no es de vital importancia ya que los atascos se encuentran principalmente en la entrada de la ciudad, lo cual aumenta el tiempo a todos los recorridos estudiados.
- COLUMNA 3: Se calcula un porcentaje proporcional al tiempo del trayecto.
- COLUMNA 4: Se multiplica la columna anterior por el IMD (Intensidad Media Diaria; Vehículos/hora) para obtener una cifra de vehículos que pasan en casa hora (cada fila).
- COLUMNA 5: Se corrige la columna anterior porque no es lógico que pasen 3217 coches en las horas de las 23:00 a las 6:00. Se multiplica el IMD por el MÍNIMO 0.01 para obtener el valor de las horas de madrugada. Las demás horas se dejan cómo están.
- COLUMNA 6: Se modifican los valores que antes se dejaron igual mediante un reparto de los coches antes 'eliminados' desde las 6:00 hasta las 22:00.



6.2.2. Sistema de Peajes Automáticos

Tabla 6-3. Rentabilidad Peajes Automáticos Santander

PEAJES	14
COSTE	200000

ANUAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
COSTES																									
COSTE CONSTRUCCIÓN	1400000	1400000																							
MANO DE OBRA	420000	420000																							
COSTE MANTENIMIENTO			1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
INGRESOS																									
MERCANCÍAS (25%IMD*0,5€/DÍA)			2838344	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209	2384209
TRABAJADORES (25%IMD*1€/DÍA)			5676688	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418	4768418
RESIDENTES (40%180000*50€/AÑO)			3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000	3600000
BENEFICIO=I-C	-1400000	-	11115031	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626	9752626
VAN = B/[(1+r)^t]	-1333333	-	9601582	8023510	7641438	7277560	6931009	6600961	6286630	5987267	5702159	5430627	5172026	4925739	4691180	4467790	4255039	4052418	3859445	3675662	3500631	3333934	3175175	3023976	2879978
VAN	117892561																								

IMD	90827
RESIDENTES SDR	180000



Para estimar el VAN del proyecto de los peajes automáticos es necesario saber:

- Se instalarían 14 peajes de coste 200.000€/u.
- La mano de obra es de 840.000; se reparte en dos años a 420.000€/año.
- El coste de mantenimiento del sistema es de 1.000.000€/año.
- Los ingresos por transportistas son de 2.838.344€/año*
- Los ingresos por trabajadores son de 5.676.688€/año*
- Los ingresos por residentes son de 3.600.000€/año*

*Ingresos desglosados en el apartado 5.2.3.

El VAN del proyecto es de 117.892.561€, el proyecto es rentable.

6.2.3. Zona Delimitada al Tráfico

La rentabilidad monetaria de este proyecto es nula ya que se instalarían radares y peajes alrededor de la ciudad y no se obtendría ningún ingreso directo (si no contamos el obtenido por multar a los coches que acceden sin tener permiso).

Por otro lado, el beneficio se reflejaría en la disminución del tráfico en la ciudad, con todas las ventajas que ello supone: reducción del tiempo de viaje, menor contaminación atmosférica, menor contaminación acústica, menor contaminación visual, mejor estado mental en las personas (menos estrés, menos ansiedad, mayor confianza para pasear por zonas donde no circulan coches...). Todo esto, sumado al cambio que se produciría en el modo de transporte de cierto grupo de individuos, mejoraría la apariencia y 'salud' de la ciudad.



6.3. Bilbao

En esta fase se estudian las medidas que se consideran más adecuadas para la ciudad de Bilbao.

6.3.1. Sendas Ciclables

Para la rentabilidad de este proyecto se han incluido el alquiler de las bicicletas. Los costes serán:

Tabla 6-4. Costes Senda

PRECIO BICICLETA	400 €
MANTENIMIENTO	100 €
BICICLETAS	10000
PRECIO MES	20 €
COSTE KM	195.000 €
KM TOTALES	7

Tabla 6-5. Rentabilidad Senda Bilbao

ANUAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
COSTES																									
COSTE CONSTRUCCIÓN	682500	682500																							
COSTE BICICLETAS			4000000					4000000					4000000					4000000					4000000		
COSTE MANTENIMIENTO			1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000	1000000
INGRESOS																									
INGRESO 10000*1€/DÍA*250]			2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000	2400000
BENEFICIO=I-C	-682500	-682500	-2600000	1400000	1400000	1400000	1400000	-2600000	1400000	1400000	1400000	1400000	-2600000	1400000	1400000	1400000	-2600000	1400000	1400000	1400000	1400000	1400000	-2600000	1400000	1400000
VAN = B/(1+r)^t	-650000	-619048	-2245978	1151783	1096937	1044702	994954	-1759782	902452	859479	818551	779572	-1378836	707095	673424	641356	610815	-1080354	554028	527645	502519	478590	-846485	434095	413424
VAN	4610939																								



6.3.2. Sistema de Peajes Automáticos

PEAJES	20
CONSTRUCCIÓN PEAJE	200000

Tabla 6-6. Rentabilidad Peajes Automáticos Bilbao

ANUAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
COSTES																									
COSTE CONSTRUCCIÓN	2000000	2000000																							
MANO DE OBRA	600000	600000																							
COSTE MANTENIMIENTO			2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000	2000000
INGRESOS																									
MERCANCÍAS (25%IMD*0,5€/DÍA)			4687500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500	3937500
TRABAJADORES (25%IMD*1€/DÍA)			9375000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000	7875000
RESIDENTES (40%352600*50€/AÑO)			7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000	7052000
BENEFICIO=I-C	-2600000	-2600000	19114500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500	16864500
$VAN = B/(1+i)^t$	-2476190	-2358277	16511824	13874466	13213777	12584550	11985285	11414557	10871007	10353340	9860324	9390785	8943604	8517718	8112113	7725822	7357925	7007548	6673855	6356053	6053384	5765127	5490597	5229140	4980134
VAN	203438468																								

IMD	150000
RESIDENTES BIO	352600



6.3.3. Zona Delimitada al Tráfico

Al igual que en el caso de Santander, la rentabilidad económica a la hora de implementar esta medida sería nula (si hablamos de ingreso directo monetario), en cambio, el efecto disuasorio del tráfico sería considerablemente más beneficioso para la ciudad, y sus habitantes, comparado con el estado actual.

7. Conclusiones

Derivado del estudio introductorio sobre la situación de las ciudades y el crecimiento exponencial que están experimentando – y que experimentarán en los años futuros – junto al crecimiento del parque de vehículos en España, se puede concluir que es estrictamente necesario controlar de alguna forma ese crecimiento.

Es de vital importancia hacer una correcta gestión del transporte - y los modos disponibles de transporte - en las ciudades para evitar la congestión y los problemas derivados de ella.

Aunque para llevar a cabo estas medidas preventivas, y correctoras para algunos casos, es necesario un elevado presupuesto, se debe tener en cuenta que son planes pensados para la mejora futura del entramado vial, y nunca se debe pensar en ello como una inversión perdida.

La construcción de la **red de rutas ciclistas en Bilbao** propulsaría el uso de la bicicleta, cambiando el modo de transporte de un grupo determinado de individuos que ven su ruta escasa o interrumpida en ciertas situaciones.

Para el caso de **Santander**, la **incorporación del aparcamiento disuasorio** en la entrada de la ciudad supondría un tráfico más liviano a la entrada del mismo. Esta medida podría vincularse con la instalación de peajes para ciertos horarios y la delimitación de las zonas más atascadas.

Tabla 7-1. Resumen de Medidas a adoptar

MEDIDA CORRECTORA	Santander	Bilbao
Park&Ride	500.000€+100.000€/año	Ya planificado
Sendas Ciclistas	Ya planificado	1.365.000€+1.800.000€/año
Zonas Delimitadas al Tráfico	3.640.000€+1.000.000€/año	5.200.000€+2.000.000€/año
Peajes Automáticos	3.640.000€+1.000.000€/año	5.200.000€+2.000.000€/año
Línea de Metro	No contemplado	Ya planificado
Campaña Transporte Público	10.000€+5.000€/año	10.000€+5.000€/año
Carril Bus	Depende del trayecto	Depende del Trayecto

En esta tabla se recogen las medidas estudiadas y su rentabilidad económica (VAN) (Rojo – No Rentable, Amarillo – Construcción no Contemplada/Ya Planificado, Verde – Rentable).

Finalmente, se **impulsaría el uso de sensores inteligentes (IoT)** con los que poder medir las situaciones viales más desfavorecidas, derivando el tráfico a zonas más descongestionadas de forma que el ciudadano pueda acceder a los servicios que desee sin tener que desperdiciar su tiempo.

La gestión del tráfico y planificación urbana mediante el uso de tecnología moderna sería el objetivo final para convertir a ambas ciudades en **Smart Cities**.



8. Bibliografía

8.1. CAPÍTULO 1

Model Predictive Control for Integrating Traffic Control Measures. Autor: András Hegyi.

http://web.dcsc.tudelft.nl/~bdeschutter/research/phd_theses/phd_hegyi_2004.pdf

Congestion Charging. ENDURANCE European S.U.M.P-Network.

http://www.epomm.eu/newsletter/v2/content/2015/0415/doc/eupdate_en.pdf

An Excellent Bus Network: Oxford's case. Transport Paradise.

<http://www.transportparadise.co.uk/2014/05/an-excellent-bus-network/>

El futuro de la humanidad se juega en las ciudades. La Vanguardia.

<https://www.lavanguardia.com/vida/20160222/302346923786/futuro-humanidad-ciudades.html>

El 68% de la población mundial vivirá en ciudades en 2050, dice la ONU. El País.

<https://www.elpais.com.uy/vida-actual/poblacion-mundial-vivira-ciudades-dice-onu.html>

8.2. CAPÍTULO 2

Measuring Traffic Congestion- A Critical Review. Autor: Md Aftabuzzaman.

https://www.atrf.info/papers/2007/2007_Aftabuzzaman.pdf

Lessons Learned From International Experience in Congestion Pricing. U.S. Department of Transportation.

<https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08047/02summ.htm>

Escenarios de contaminación: ¿cómo se preparan otras ciudades europeas para reducir las emisiones? Grupo Itevelesa.

<https://www.itevelesa.com/blog/escenarios-de-contaminacion-como-se-preparan-otras-ciudades-europeas-para-reducir-las-emisiones/>

Effects of low speed limits on freeway traffic flow. Autores: Francesc Soriguera, Irene Martínez, Marcel Sala, Mónica Menéndez.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X17300396>

Las grandes urbes del mundo apuestan por la peatonalización. El País.

https://elpais.com/ccaa/2016/12/12/madrid/1481542970_614263.html



9 Cities Around the World That Are Going Car-Free. Goodnet.

<https://www.goodnet.org/articles/9-cities-around-world-that-are-going-carfree>

8.3. CAPÍTULO 4

Salario Medio en España. Instituto Nacional de Estadística, INE. 2018.

<http://www.ine.es/>

Traffic Congestion, Type A Behavior, and Stress. Journal of Applied Psychology. Autores: Daniel Stokols, Raymond W. Novaco, Jeannette Stokols, and Joan Campbell.

<https://pdfs.semanticscholar.org/ae5f/0b6dfafa33e77ec3a9bc84bd989c2ca3e3e2.pdf>

8.4. CAPÍTULO 5

Parking Disuasorio en Bilbao. El Correo.

<https://www.elcorreo.com/bizkaia/nervion/tres-parkings-disuasorios-20190316232438-nt.html>

Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. Autores: Lauren Redman, Margareta Friman, Tommy Gärling y Terry Hartiga.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X12001692>

Identifying target groups for environmentally sustainable transport: assessment of different segmentation approaches. Autores: Sonja Haustein y Marcel Hunecke.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343513000419>

[1] Un informe plantea cobrar peajes en Madrid y Barcelona para paliar atascos. La Vanguardia.

<https://www.lavanguardia.com/ocio/viajes/20180507/443343274989/un-informe-plantea-cobrar-peajes-en-madrid-y-barcelona-para-paliar-atascos.html>

Saldo migratorio entre comunidades autónomas. Año 2017. Instituto Nacional de Estadística (INE).

https://www.ine.es/prensa/cp_e2018_p.pdf

El número de coches crece por tercer año seguido en Barcelona. La Vanguardia.

<https://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20170607/423235391511/numero-coches-barcelona-crece.html>

El número de vehículos de la capital aumenta por primera vez en nueve años. Levante-emv.

<https://www.levante-emv.com/valencia/2017/08/30/numero-vehiculos-capital-aumenta-primer/1609476.html>



Series Históricas – Parque de Vehículos.

<http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/series-historicas/>

Preliminary Results of the London Congestion Charging Scheme. Public Works Management and Policy. Autores: Georgina Santos, Blake Shaffer

<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1087724x04268569>

¿Cuánto cuesta un carril bici? Blog El País.

<https://blogs.elpais.com/love-bicis/2014/02/cuanto-cuesta-un-carril-bici.html>

PROYECTO PARA LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DEL CARRIL BICI EN LA AVENIDA JUAN XXIII. Ajuntament De València.

[https://www.valencia.es/contratacion/xcontratacion.nsf/vLicitacionesTodas/BA9FC627A57170ABC12581EC00416DB7/\\$file/CB Juan XXIII. DOC- 1 de 2.cas.pdf](https://www.valencia.es/contratacion/xcontratacion.nsf/vLicitacionesTodas/BA9FC627A57170ABC12581EC00416DB7/$file/CB Juan XXIII. DOC- 1 de 2.cas.pdf)

Carril Bici en Galicia. Ayuntamiento de A Coruña.

<https://www.coruna.gal/movilidad/es/detalle-suceso/el-ayuntamiento-iniciara-este-lunes-las-obras-del-carril-bici-metropolitano-que-con-un-presupuesto/suceso/1453657821371?argIdioma=es>

8.5. CAPITULO 6

Presupuesto parking ejemplo. Ayuntamiento de Zaragoza.

<http://web.dpz.es/Contratos/Ayuntamiento/17187/PLANOS-RESIDUOS-PRESUPUESTO-ANEXOS-ESTUDIO%20GEOTECNICO.pdf>

